



TUGAS AKHIR (RC14-1501)

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG HOTEL
SWISS-BELINN DENGAN METODE BETON
PRACETAK MENGGUNAKAN SAMBUNGAN
BASAH BERDASARKAN STANDARD ACI 318M-14**

IQBAL ALBANA AKBAR
NRP. 3114100015

Dosen Pembimbing I
Prof. Tavier, ST., MT., Ph.D.

Dosen Pembimbing II
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka, DEA

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018



TUGAS AKHIR (RC14-1501)

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG HOTEL
SWISS-BELINN DENGAN METODE BETON
PRACETAK MENGGUNAKAN SAMBUNGAN
BASAH BERDASARKAN STANDARD ACI 318M-14**

IQBAL ALBANA AKBAR
NRP. 3114100015

Dosen Pembimbing I
Prof. Tavo, ST., MT., Ph.D.

Dosen Pembimbing II
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka, DEA

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018



FINAL PROJECT (RC14-1501)

STRUCTURAL MODIFICATION DESIGN OF SWISS-BELINN HOTEL DARMO TOWER WITH PRECAST CONCRETE METHOD USING ACI 318M-14 WET CONNECTION STANDARD

IQBAL ALBANA AKBAR
NRP. 3114100015

Academic Supervisor I
Prof. Tavo, ST., MT., Ph.D.

Academic Supervisor II
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka, DEA

CIVIL ENGINEERING DEPARTEMENT
Faculty of Civil Engineering, Environment, and Potential
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya
2018

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
HOTEL SWISS-BELINN DENGAN METODE BETON
PRACETAK MENGGUNAKAN SAMBUNGAN
BASAR BERDASARKAN STANDARD ACI 318M-14**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Struktur
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Oleh:

**IQBAL ALBANA AKBAR
NRP. 3114100015**

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

1. Prof. Tavio, ST., MT., Ph.D.(Pembimbing I)

2. Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka, DEA.....(Pembimbing II)

**SURABAYA
JANUARI, 2018**

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG HOTEL SWISS-BELINN DENGAN METODE BETON PRACETAK MENGGUNAKAN SAMBUNGAN BASAH BERDASARKAN STANDARD ACI 318M-14

Nama Mahasiswa : Iqbal Albana Akbar
Nrp : 3114100015
Jurusan : Teknik Sipil FTSP - ITS
Dosen Pembimbing : Prof. Tavio, ST. MT, Ph.D.
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka, DEA

ABSTRAK

Secara geografis Indonesia merupakan daerah rawan gempa bumi karena dilalui oleh jalur pertemuan 3 lempeng tektonik.. Gempa bumi dapat menimbulkan dampak korban jiwa, luka maupun kerusakan infrastruktur yang sangat signifikan. Kondisi ini menuntut konstruksi bangunan yang dibangun harus memenuhi kaidah bangunan tahan gempa .Pada perkembangan pembangunan sekarang ini, beton merupakan bahan yang paling banyak dipakai pada pembangunan dalam bidang teknik sipil. Metode beton pracetak merupakan metode yang digunakan dalam perencanaan bangunan beton disamping metode konvensional. Penggunaan metode beton pracetak didasari pada beberapa keunggulan yang dimilikinya dibandingkan metode konvensional.

Perencanaan Gedung Hotel Swiss-Belinn pada kondisi sebenarnya dirancang menggunakan metode konvensional dengan ketinggian 14 lantai dan 1 basement. Dalam tugas akhir ini, akan dilakukan Desain Modifikasi Struktur Hotel Swiss-Belinn pada kolom, balok, dan pelat dengan metode pracetak, serta merencanakan sambungan pada elemen pracetak mengacu pada peraturan ACI 318-M14 dan menggunakan system gedung yaitu system ganda(Dual System). Pemilihan metode pracetak didasari

oleh kecepatan pelaksanaan, control kualitas mutu yang tinggi, dan ramah lingkungan.

Dalam perencanaan elemen-elemen beton pracetak penulis menggunakan ketentuan seperti perencanaan beton konvensional menurut SNI 2847 : 2013, PCI Handbook dan beberapa referensi lainnya. Selain itu bagian terpenting dalam perencanaan menggunakan metode beton pracetak adalah bagian sambungan. Metode penyambungan yang digunakan oleh penulis adalah produk dari Peikko Group dan NMB Splice Sleeve menggunakan beberapa sambungan basah dengan menggunakan pipa penyambung (Coupler Sleeve-Connection). Analisa perhitungan berdasarkan kekuatan gaya aksial sambungan yang dibandingkan dengan kekuatan tulangan setelah leleh ($1.25 f_y$) dan panjang penyaluran sesuai dengan peraturan SNI 2847 : 2013.

Kata Kunci : Beton Pracetak, Beton Bertulang, Sambungan Pracetak Tahan Gempa, Wet Connection, Strong Connection, Peikko Group Connection, NMB Splice Sleeve Connection.

STRUCTURAL MODIFICATION DESIGN OF SWISS-BELINN HOTEL DARMO TOWER WITH PRECAST CONCRETE METHOD USING ACI 318M- 14 WET CONNECTION STANDARD

Student Name : Iqbal Albana Akbar
Nrp : 3114100015
Departement : Teknik Sipil FTSP - ITS
Academic Supervisor : Prof. Tavio, ST. MT, Ph.D.
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka, DEA

ABSTRACT

Geographically Indonesia is an area prone to earthquakes because the crossing of 3 tectonic plates. Earthquake can cause fatalities, injuries and significant infrastructure damaged. This condition requires construction of constructed buildings to meet the principles of building resistant to earthquake. Construction developments nowadays, concrete is the most widely used material in civil engineering construction. The precast concrete method is a method used in concrete building planning in addition to conventional methods. The use of precast concrete method is based on some advantages compared to conventional method.

Swiss-Belinn Hotel Building Design on the actual conditions is designed using conventional methods with 14 floors and 1 basement. In this final project, Swiss-Belinn Hotel Structural Modification Design will be done on columns, beams and plates with precast method, and plotting the connection on precast elements referring to ACI 318-M14 regulation and using dual system building system. Selection of precast method is based on the speed of implementation, high quality control, and environmentally friendly.

In the planning of precast concrete elements the authors use provisions such as conventional concrete design according to

SNI 2847: 2013, PCI Handbook and other reference. In addition, the most important part in design using precast concrete method is the connection part. The connection method used by the authors is the product of Peikko Group and NMB Splice Sleeve using multiple wet connections using Coupler Sleeve-Connection. The calculation analysis is based on the strength of the axial force of the joints compared to the reinforcement forces after melting (1.25 fy) and the length of distribution in accordance with SNI 2847: 2013 regulations.

Keywords : Precast Concrete, Reinforced Concrete, Precast Connection Resistant To Earthquake, Wet Connection, Strong Connection, Peikko Group Connection, NMB Splice Sleeve Connection

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur bagi Allah SWT atas limpahan petunjuk dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Tugas Akhir ini membahas “Desain Modifikasi Struktur Gedung Hotel Swiss-Belinn Dengan Metode Beton Pracetak Dual System Menggunakan Sambungan Basah Berdasarkan Peraturan Aci 318-M14”. Dalam Proposal Tugas Akhir ini secara garis besar membahas tentang perencanaan elemen beton pracetak yaitu pelat, balok dan kolom, serta elemen struktur lainnya.

Pada akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Prof. Tavo, ST. MT, Ph.D. selaku dosen konsultasi Proposal Tugas Akhir.
2. Bapak I Gusti Putu Raka, Ir.,Dr.,Prof. selaku dosen konsultasi Proposal Tugas Akhir.
3. Ibu Yudhi Lastiasih, ST., MT. Selaku Dosen Wali.
4. Bapak Trijoko Wahyu Adi, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil FTSP – ITS
5. Bapak dan Ibu dosen serta staf pengajar Jurusan Teknik Sipil FTSP – ITS.
6. Rekan – rekan mahasiswa serta semua pihak yang telah membantu penyusunan Tugas akhir ini.

Dalam penulisan laporan ini, saya menyadari bahwa masih ada kekurangan. Maka kritik dan saran yang bersifat membangun sangat kami harapkan demi laporan ini.

Semoga proposal ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca, penulis dan semua pihak yang terkait.

Surabaya, Desember 2018

(Penulis)

“Halaman ini sengaja dikosongkan...”

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xix
BAB 1 Pendahuluan	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah.....	5
1.2.1. Masalah Utama.....	5
1.2.2. Detail Masalah.....	5
1.3. Tujuan.....	6
1.3.1. Tujuan Utama	6
1.3.2. Tujuan Detail	6
1.4. Batasan Masalah.....	7
1.5. Manfaat.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1. Umum.....	9
2.2. Beton Pracetak.....	9
2.3. Sistem Struktur Gedung	10
2.4. Konstruksi Tahan Gempa	11

2.5. Tinjauan Elemen Pracetak.....	11
2.5.1. Pelat Cetak.....	11
2.5.2. Balok Pracetak.....	13
2.5.3. Kolom Pracetak	15
2.6. Dinding Geser (<i>Shearwall</i>).....	16
2.7. Sambungan Beton Pracetak.....	17
2.8. Pengangkatan dan Pemasangan Beton Pracetak.....	18
BAB III METODOLOGI	19
3.1. Umum.....	19
3.2. Bagan Alur Perencanaan	19
3.3. Pengumpulan Data	21
3.4. Pemilihan Kriteria Desain	22
3.5. Preliminary Design Bangunan Atas	23
3.5.1. Penentuan Dimensi Elemen Struktur.....	23
3.6. Metode Pelaksanaan	26
3.6.1. Sistem Struktur.....	26
3.6.2. Metode Erection	27
3.6.3. Pengangkatan dan Peralatan Erection	28
3.6.4. Transportasi Elemen Beton Pracetak.....	31
3.6.5. Metode Pekerjaan Elemen Beton Pracetak.....	31
3.7. Pembebanan.....	35
3.7.1. Kombinasi Pembebanan	39
3.8. Permodelan Struktur.....	39
3.9. Kontrol Permodelan Struktur	39

3.9.1. Kontrol Partisipasi Massa.....	39
3.9.2. Kontrol Periode Fundamental Struktur.....	40
3.9.3. Kontrol Skala Gaya Dinamis	41
3.9.4. Kontrol Drift (Defleksi Bangunan).....	41
3.10. Analisa Struktur.....	43
3.10.1. Perhitungan Gaya Dalam	43
3.11. Perencanaan Struktur Sekunder.....	43
3.11.1. Perencanaan Balok Anak.....	43
3.11.2. Perencanaan Tangga.....	43
3.11.3. Perencanaan Struktur Atap	44
3.11.4. Perencanaan Lift.....	44
3.12. Perencanaan Penulangan Struktur	44
3.12.1. Perencanaan Penulangan Balok.....	45
3.12.2. Perencanaan Tulangan Kolom.....	50
3.12.3. Perencanaan Struktur Dinding Geser	52
3.12.4. Perencanaan Tulangan Pelat.....	53
3.13. Perencanaan Sambungan.....	56
3.13.1. Sambungan Base Plate - Kolom / Kolom – Kolom 57	
3.13.2. Sambungan Pada Balok - Kolom	57
3.13.3. Sambungan Pada Balok Induk – Balok Anak	59
3.13.4. Sambungan Pada Balok – Pelat.....	60
3.14. Perencanaan Basement	61
3.15. Perencanaan Pondasi	62

3.15.1. Daya Dukung Tiang Vertical.....	62
3.15.2. Jumlah Tiang Pancang yang Diperlukan.....	62
3.16. Gambar Teknis Hasil Perhitungan.....	64
3.17. Jadwal Kegiatan	64
BAB IV PEMBAHASAN	67
4.1. Preliminary Design.....	67
4.1.1. Umum	67
4.1.2. Data Perencanaan.....	67
4.1.3 Pembebanan.....	69
4.1.4 Perencanaan Balok.....	69
4.1.5 Perencanaan Tebal Pelat	74
4.1.6 Perencanaan Kolom	82
4.1.7 Perencanaan Dinding Geser.....	88
4.2 Metode Pelaksanaan.....	88
4.2.1 Sistem Struktur	89
4.2.2 Metode Erection	90
4.2.3 Pengangkatan dan Peralatan Erection.....	91
4.2.4 Transportasi Elemen Beton Pracetak	94
4.2.5 Metode Pekerjaan Elemen Beton Pracetak	94
4.3 Pembebanan dan Analisa Struktur.....	98
4.3.1 Umum	98
4.3.2 Permodelan Struktur	98
4.3.3 Pembebanan Gravitasi	99
4.3.4 Pembebanan Gempa Dinamis.....	103

4.4 Perencanaan Struktur Sekunder.....	118
4.4.1 Umum	118
4.4.2 Perencanaan Tangga	118
4.4.3 Perencanaan Pelat Lantai dan Pelat Atap	134
4.4.4 Perencanaan Balok Anak Pracetak	162
4.4.5 Perhitungan Gaya Uplift untuk Pelat Basement	187
4.4.6 Perencanaan Lift dan Balok Penumpu Lift.....	187
4.5 Perencanaan Struktur Primer.....	191
4.5.1 Umum	191
4.5.2 Perencanaan Balok Induk Pracetak	191
4.5.3 Perencanaan Kolom Pracetak	224
4.5.4 Perencanaan Dinding Geser (<i>ShearWall</i>)	233
4.6 Perencanaan Sambungan Elemen Pracetak	239
4.6.1 Umum	239
4.6.2 Konsep Desain Sambungan	240
4.6.3 Perencanaan Konsol pada Elemen Pracetak	241
4.6.4 Perencanaan Sambungan Balok-Kolom	247
4.6.5 Perencanaan Sambungan Balok Anak – Balok Induk	257
4.6.6 Perencanaan Sambungan Pelat – Balok.....	264
4.6.7 Perencanaan Sambungan Tangga – Shearwall	265
4.6.8 Perencanaan Sambungan antar Kolom Pracetak	267
4.7 Perencanaan Pondasi	269
4.7.1 Umum	269

4.7.2 Beban Struktur	269
4.7.3 Spesifikasi Tiang Pancang.....	271
4.7.4 Data Tanah.....	272
4.7.5 Daya Dukung Pondasi	272
4.7.6 Perencanaan Poer pada Kolom	287
4.7.7 Perencanaan Sloof	294
BAB V PENUTUP	299
5.1 Kesimpulan.....	299
5.2 Saran.....	301
DAFTAR PUSTAKA.....	303
LAMPIRAN	305

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Kerusakan Infrastruktur	1
Gambar 1.2. Tampak Utara Desain Gedung Hotel Swiss-Belinn Darmo	4
Gambar 2.1. <i>Hollow Core Slab</i>	12
Gambar 2. 2. <i>Solid Slab</i>	13
Gambar 2. 3. Pelat Double Tees	13
Gambar 2.4. Balok Berpenampang Persegi	14
Gambar 2.5. Balok Berpenampang L (<i>L-Shape Beam</i>)	14
Gambar 2.6. Balok Berpenampang T Terbalik (<i>Inverted Tee Beam</i>)	15
Gambar 2.7. Penampang Kolom Pracetak	16
Gambar 3. 1. Bagan Alir Penyelesaian Tugas Akhir	20
Gambar 3. 2. Sistem struktur rangka kolom sambungan setiap satu lantai	27
Gambar 3. 3. Metode erection arah horizontal	28
Gambar 3. 4. Dua Titik Angkat Pada Pelat Pracetak	29
Gambar 3. 5. Empat Titik Angkat Pada Pelat Pracetak	29
Gambar 3. 6. Pengangkatan Pada Elemen Balok	30
Gambar 3. 7. Pengangkatan pada Elemen Kolom	30
Gambar 3. 8. Pemasangan Sambungan Kolom	32
Gambar 3. 9. Pemasangan Sambungan Balok Induk-Kolom	33
Gambar 3. 10. Pemasangan Sambungan Balok Induk-Balok Anak	34
Gambar 3. 11. Pemasangan Sambungan Pelat Pracetak	35
Gambar 3.12. Perhitungan Simpangan Tiap Lantai	42
Gambar 3.13. Pengangkatan balok pracetak	49
Gambar 3.14. Model Pembebanan Balok Pracetak Saat Pengangkatan	49

Gambar 3.15. Titik-titik angkat dan sokongan sementara untuk produk pracetak balok/kolom.....	50
Gambar 3.16. Posisi titik angkat pelat (4 buah titik angkat)	55
Gambar 3.17. Posisi titik angkat pelat (8 buah titik angkat)	55
Gambar 3. 18. Pemasangan Sambungan Kolom	57
Gambar 3.19. Detail Penulangan Balok-Kolom.....	58
Gambar 3.20. Parameter geometri konsol pendek.....	59
Gambar 3.21. Sambungan balok induk dengan balok anak	60
Gambar 3.22. Sambungan Balok Induk dengan Pelat.....	61
 Gambar 4. 1. Denah Gedung	68
Gambar 4. 2. Variasi Balok Induk Pada Gedung Swiss-Belinn ..	71
Gambar 4. 3. Variasi Balok Anak Pada Gedung Swiss-Belinn...	73
Gambar 4. 4. Variasi Pelat Pada Gedung Hotel Swiss-Belinn Darmo.....	76
Gambar 4. 5. Kolom yang ditinjau Sebagai Desain Awal.....	82
Gambar 4. 6. Sistem struktur rangka kolom sambungan setiap satu lantai	89
Gambar 4. 7.. Metode erection arah horizontal	90
Gambar 4. 8. Dua Titik Angkat Pada Pelat Pracetak	91
Gambar 4. 9. Empat Titik Angkat Pada Pelat Pracetak.....	92
Gambar 4. 10. Pengangkatan Pada Elemen Balok	92
Gambar 4. 11. Pengangkatan pada Elemen Kolom.....	93
Gambar 4. 12. Pemasangan Sambungan Kolom	95
Gambar 4. 13. Pemasangan Sambungan Balok Induk-Kolom	96
Gambar 4. 14. Pemasangan Sambungan Balok Induk-Balok Anak	97
Gambar Gambar 4. 15. Pemasangan Sambungan Pelat Pracetak	98
Gambar 4. 16. Permodelan pada ETABS	99
Gambar 4. 17. Grafik Respon Spektrum Desain	106
Gambar 4. 18. Nilai C_t dan α	106
Gambar 4. 19. Denah Tangga.....	119

Gambar 4. 20. Potongan A-A Tangga.....	119
Gambar 4. 21. Permodelan Struktur Tangga	121
Gambar 4. 22. Gaya Dalam Bidang N pada Tangga	122
Gambar 4. 23. Gaya Dalam Bidang D pada Tangga	123
Gambar 4. 24. Gaya Dalam Bidang M pada Tangga	125
Gambar 4. 25. Pelat Lantai Type 1	136
Gambar 4. 26. Momen Pengangkatan Pelat Pracetak.....	147
Gambar 4. 27. Jarak Tulangan Angkat	150
Gambar 4. 28. Profil PSA dan Perkuatan	153
Gambar 4. 29. Kait <i>Jenka Lifter</i>	154
Gambar 4. 30. Defleksi pada Pelat	156
Gambar 4. 31. Defleksi pada Pelat	158
Gambar 4. 32. Faktor Lendutan Jangka Panjang.....	159
Gambar 4. 33. Denah Balok Anak	163
Gambar 4. 34. Distribusi Beban pada Balok Anak Sebelum Komposit	164
Gambar 4. 35. Pembebanan Balok Anak.....	171
Gambar 4. 36. Pengangkatan Balok	175
Gambar 4. 37. Titik Angkat Balok Anak	182
Gambar 4. 38. Profil PSA dan Perkuatan	185
Gambar 4. 39. Kait <i>Jenka Lifter</i>	185
Gambar 4. 40. Denah Balok Induk Pracetak	192
Gambar 4. 41. Distribusi Beban pada Balok Induk Sebelum Komposit	194
Gambar 4. 43. Pengangkatan Balok	208
Gambar 4. 44. Titik Angkat Balok Induk.....	219
Gambar 4. 45. Profil PSA dan Perkuatan	222
Gambar 4. 46. Kait <i>Jenka Lifter</i>	222
Gambar 4. 47. Denah Kolom Pracetak	224
Gambar 4. 48. Output Program Bantu SPColumn	226

Gambar 4. 49. Output SpColumn (setelah Mpr)	228
Gambar 4. 50. Profil BSA dan Perkuatan Kait JL	230
Gambar 4. 51. <i>JENKA Lifter</i>	231
Gambar 4. 52. Diagra Interaksi ShearWall arah X	238
Gambar 4. 53. Penulangan Shearwall Arah X	238
Gambar 4. 54. Penulangan Shearwall Arah Y	239
Gambar 4. 55. Detail Sambungan Balok – Kolom	240
Gambar 4. 56. Detai Sambungan Balok-Balok	240
Gambar 4. 57. Detai Sambungan Kolom-Kolom	241
Gambar 4. 58. Geometrik Konsol Pendek	242
Gambar 4. 59. Penulangan Konsol Pendek	244
Gambar 4. 60. Sambungan Single Sided Balok 50/75 cm	249
Gambar 4. 61. Sambungan Double Sided Balok 50/75 cm	252
Gambar 4. 62. Sambungan Single Sided Balok 40/70 cm	254
Gambar 4. 63. Sambungan Double Sided Balok 40/70 cm	257
Gambar 4. 64. Sambungan Single Sided Balok Induk-Balok Anak	259
Gambar 4.65.Sambungan Double Sided Balok Induk-Balok Anak	262
Gambar 4. 66. Sambungan Single Sided Balok Induk-Balok Anak	264
Gambar 4. 67. Ilustrasi Pertemuan antar Tulangan Kolom	267
Gambar 4. 68. Ilustrasi Penyambungan antar Kolom Pracetak	268
Gambar 4. 69. Grafik Daya Dukung Tanah	277
Gambar 4. 70. Denah Pondasi	278
Gambar 4. 71. Diagram Momen <i>Spunpile</i> Akibat Gaya Gempa	279
Gambar 4. 72. Diagram Momen Spunpile Maksimum	280
Gambar 4. 73. Tiang Grup Tipe 1	281
Gambar 4. 74. Tiang Grup Tipe 2	282
Gambar 4. 75. Defleksi akibat Gaya Lateral Tiang	285

Gambar 4. 76. Pembebanan Poer Tipe 1 (Arah Sumbu X)	291
Gambar 4. 77. Pembebanan Poer Tipe 1 (Arah Sumbu Y)	293

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan...”

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Keunggulan dan Kelemahan Beton Pracetak	9
Tabel 2.2. Perbandingan Metode Penyambungan	18
Tabel 3.1. Tinggi minimum balok	25
Tabel 3.2. Beban Mati	36
Tabel 3.3. Koefisien Cu	40
Tabel 3.4. Koefisien Ct dan x	41
Tabel 3.5. Simpangan ijin struktur	42
Tabel 3.6. Angka pengali beban statis ekivalen untuk menghitung gaya pengangkatan dan gaya dinamis	50
Tabel 4. 1. Tebal Minimum Balok Non-Prategang	70
Tabel 4. 2. Rekapitulasi Perhitungan Dimensi Balok Induk	72
Tabel 4. 3. Rekapitulasi Perhitungan Dimensi Balok Anak	74
Tabel 4. 4. Rekapitulasi Tebal Pelat Lantai dan Atap	81
Tabel 4.5 Beban Total yang diterima Kolom Atap-11	84
Tabel 4.6 Beban yang diterima Kolom Lantai 10-6	85
Tabel 4.7 Beban yang diterima Kolom Lantai 10-6	87
Tabel 4. 8. Rekapitulasi Pembebanan	101
Tabel 4. 9. Hasil Pembebanan pada ETABS	102
Tabel 4.10. Kontrol Pembebanan Gravitasi	102
Tabel 4.11 Parameter Respon Spectral dan ercepatan Spectral Desain.....	104
Tabel 4. 12 Nilai Periode Fundamental (T) dan Percepatan Respon Spektra.....	105
Tabel 4. 13. Periode Fundamental.....	107
Tabel 4. 14. Berat Seismik Bangunan Hasil ETABS	109
Tabel 4. 15. Berat Seismik Bangunan Hasil ETABS Vx & Vy	110
Tabel 4. 16. Berat Seismik Bangunan Hasil ETABS Vx & Vy Baru	111

Tabel 4. 17. Kontrol Sistem Ganda	112
Tabel 4. 18. Total Partisipasi Massa.....	113
Tabel 4. 19. Batas Simpangan Gedung	113
Tabel 4. 20.. Kontrol Simpangan	115
Tabel 4. 21. Eksentrisitas Aktual terhadap Pusat Massa dan Pusat Rotasi.....	117
Tabel 4. 22. Rekapitulasi Penulangan Tangga	134
Tabel 4. 23. Lendutan Izin Maksimum	160
Tabel 4. 24. Rekapitulasi Perhitungan Tulangan Pelat.....	161
Tabel 4. 25. Rekapitulasi Penulangan Balok Anak	186
Tabel 4. 26. Penulangan Pelat Basement.....	187
Tabel 4. 27. Perhitungan Mpr B1	212
Tabel 4. 28. Rekapitulasi Penulangan Balok Induk	223
Tabel 4. 29. Rekapitulasi Penulangan Kolom Pracetak	232
Tabel 4. 30. Rekapitulasi Penulangan Konsol Pendek	246
Tabel 4. 31. Beban Akibat Kolom.....	270
Tabel 4. 32. Beban Akibat Shearwall.....	271
Tabel 4. 33. Daya Dukung Tanah.....	275
Tabel 4. 34. Korelasi Nilai Ks terhadap Jenis Tanah	279
Tabel 4. 35. Kontrol Beban Maksimum Tiang Pancang Tipe 1	283
Tabel 4. 36. Kontrol Beban Maksimum 1 Tiang Pancang Tipe 2	283
Tabel 4. 37. Perhitungan Jumlah Tiang Pancang Grup Tipe 1..	284
Tabel 4. 38. Perhitungan Jumlah Tiang Pancang Grup Tipe 2..	284
Tabel 4. 39. Kontrol Kekuatan Tiang Tipe 1 Akibat Gaya Lateral	287
Tabel 4. 40. Kontrol Kekuatan Tiang Tipe 2 Akibat Gaya Lateral	287

BAB 1

Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Gempa bumi adalah peristiwa bergetarnya bumi akibat pelepasan energi di dalam bumi secara tiba-tiba yang ditandai dengan patahnya lapisan batuan pada kerak bumi. Akumulasi energi penyebab terjadinya gempa bumi dihasilkan dari pergerakan lempeng-lempeng tektonik. Secara geografis Indonesia merupakan daerah rawan gempa bumi karena dilalui oleh jalur pertemuan 3 lempeng tektonik, yaitu : lempeng Indo-Australia, lempeng Eurasia dan lempeng Pasifik. Indonesia pun merupakan bagian dari jalur The Ring of Fire. Bencana ini bersifat tidak dapat diprediksi kapan terjadinya. Gempa bumi dapat menimbulkan dampak korban jiwa, luka maupun kerusakan infrastruktur yang sangat signifikan. Menurut Badan Nasional Penanggulangan Bencana, pada bulan Agustus 2016, jumlah kejadian gempa bumi yang terjadi sebanyak 10 kali. Kerugian yang ditimbulkan akibat gempa bumi tidak hanya berupa kerugian materi dan infrastruktur, gempa bumi juga dapat menyebabkan jatuhnya korban jiwa. Kondisi ini menuntut konstruksi bangunan yang dibangun harus memenuhi kaidah bangunan tahan gempa agar bangunan tidak mengalami keruntuhan ketika terjadi gempa.



Gambar 1.1. Kerusakan Infrastruktur

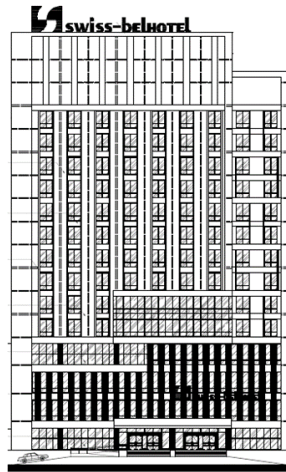
(Sumber : www.bmkg.go.id)

Pemilihan material konstruksi merupakan unsur penting dalam menciptakan bangunan yang kuat dan tahan gempa. Jenis material yang biasa digunakan dalam konstruksi adalah kayu, baja, dan beton. Pada perkembangan pembangunan sekarang ini, beton merupakan bahan yang paling banyak dipakai pada pembangunan dalam bidang teknik sipil, baik bangunan gedung, jembatan, bendung, maupun konstruksi yang lain (Budiono, 2013). Dalam penerapannya terdapat dua metode yang umum digunakan pada konstruksi suatu bangunan struktur beton bertulang yaitu penggunaan beton dengan metode cor di tempat (beton konvensional) dan metode beton pracetak. Pada sistem beton konvensional, elemen struktur dicor langsung di lokasi dimana elemen tersebut akan diletakkan. Sedangkan pada sistem pracetak proses produksi dilakukan di tempat khusus produksi pracetak, kemudian dibawa ke lokasi proyek (Fani, 2012).

Dalam banyak kasus, tuntutan terhadap pekerjaan konstruksi yang cepat dan efisien sering kali terjadi, terlebih pada kasus bangunan bertingkat. Kebutuhan akan bangunan bertingkat mendorong timbulnya kebutuhan akan suatu rancangan struktur yang ekonomis, dapat dilaksanakan dengan cepat dan efisien tanpa mengurangi kekakuan antar komponen struktur bangunan (Tjahjono and Purnomo, 2004). Menanggapi hal tersebut, metode beton pracetak merupakan alternatif yang dinilai tepat untuk dilaksanakan karena memiliki beberapa keunggulan. Beberapa keunggulannya adalah kecepatan dalam pelaksanaan pembangunannya sehingga durasi proyek menjadi lebih singkat, dicapainya tingkat fleksibilitas dalam proses perancangan, pekerjaan di lokasi proyek jadi lebih sederhana, pihak yang bertanggung jawab lebih sedikit karena tidak membutuhkan pekerja yang banyak karena beton telah dicetak di pabrikasi, mempunyai aspek positif terhadap schedule terutama kemudahan di dalam pengawasan dan pengendalian biaya serta jadwal pengerjaan, produksinya hampir tidak terpengaruh oleh cuaca,

menghasilkan bangunan dengan akurasi dimensi dan mutu yang lebih baik, kontinuitas proses konstruksi dapat terjaga sehingga perencanaan kegiatan dapat lebih akurat, dan tidak membutuhkan tempat penyimpanan material terlalu luas (Ervianto, 2006).

Dalam beberapa hal, struktur beton pracetak berbeda persyaratan dan pelaksanaan komponen strukturalnya dibandingkan dengan beton konvensional. Perilaku sistem pracetak sangat ditentukan dengan cara penyambungan. Sambungan merupakan elemen yang sangat penting dalam desain struktur bangunan tahan gempa. Keruntuhan bangunan akibat gempa ditentukan oleh kualitas sambungannya. Agar bangunan memiliki performa baik saat menerima beban gempa, maka harus dipenuhi syarat sambungan balok-kolom (Indrayana, 2013). Pada struktur beton konvensional, konsep perencanaan sistem sambungan adalah bahwa sambungan harus direncanakan lebih kuat dan kaku. Konsep tersebut cukup konservatif dan sulit dikembangkan pada sistem pracetak. Secara natural sambungan pada sistem pracetak tidak akan sekaku dan setegar sistem beton konvensional. Oleh karena itu masalah sambungan pada beton pracetak perlu perhatian ekstra, apalagi bila struktur berada di zona rawan gempa. Dalam hal ini, sambungan yang digunakan mengacu pada peraturan ACI 318-M14.



Gambar 1.2. Tampak Utara Desain Gedung Hotel Swiss-Belinn Darmo

(Sumber: PT. Pembangunan Perumahan (Persero) Tbk)

Gedung Hotel Swiss-Belinn merupakan gedung yang difungsikan sebagai hunian vertikal di daerah Tegalsari, Jawa Timur. Hotel Swiss-Belinn sendiri merupakan gedung dengan struktur 15 lantai dengan ketinggian 54 meter. Gedung ini dibangun dengan beton bertulang menggunakan metode cor ditempat sehingga memerlukan waktu pengerjaan yang relative lama. Dalam pengerjaannya pun, seringkali kurang memerhatikan ketelitian sehingga pengerjaan tidak rapih dan kurang presisi. Karena untuk menghemat waktu dan biaya pengerjaan konstruksi dengan hasil pengerjaan yang rapih tetapi cepat dalam pengerjaannya, maka penulis akan memodifikasi gedung hotel Swiss-Belinn dengan menggunakan metode beton pracetak. Pada gedung hotel ini menggunakan sistem struktur ganda dengan rangka pemikul momen disertai dengan dinding geser beton bertulang biasa, serta pada lantai atap menggunakan atap baja dengan bentang 30 meter. Sehingga penulis juga akan

memodifikasi lantai atap menjadi sama dengan lantai sebelumnya dengan atap beton pracetak.

1.2. Perumusan Masalah

1.2.1. Masalah Utama

Bagaimana merencanakan ulang struktur Gedung Hotel Swiss-Belinn dengan menggunakan metode beton pracetak?

1.2.2. Detail Masalah

Detail masalah yang akan ditinjau pada perencanaan ini adalah :

1. Bagaimana menentukan preliminary design, struktur primer dan struktur sekunder yang sesuai dengan hasil perencanaan ?
2. Bagaimana perhitungan pembebanan setelah perencanaan struktur hotel Swiss-Belinn?
3. Bagaimana melakukan analisa permodelan struktur hotel Swiss-Belinn dengan menggunakan program bantu SAP 2000?
4. Bagaimana menentukan dimensi dari elemen beton pracetak yang efektif dan efisien sehingga mampu menahan beban-beban yang bekerja pada struktur hotel Swiss-Belinn?
5. Bagaimana merencanakan sambungan antar elemen beton pracetak agar tahan gempa?
6. Bagaimana merancang pondasi dari struktur hotel Swiss-Belinn yang mampu menahan beban yang dipikul dan sesuai dengan kondisi tanah yang berbeda?
7. Bagaimana membuat gambar teknik dari hasil perhitungan struktur hotel Swiss-Belinn menggunakan metode beton pracetak?

1.3. Tujuan

1.3.1. Tujuan Utama

Tujuan utama perencanaan gedung hotel Swiss-Belinn adalah:

Mampu merencanakan dan meneteapkan metode beton pracetak dalam pembangunan seluruh komponen struktur sesuai dengan peraturan yang berlaku.

1.3.2. Tujuan Detail

Tujuan detail perencanaan hotel Swiss-Belinn adalah:

1. Menentukan preliminary design, struktur primer dan struktur sekunder yang sesuai dengan hasil perencanaan ulang.
2. Menghitung pembebanan setelah perencanaan ulang struktur hotel Swiss-Belinn.
3. Melakukan analisa permodelan struktur hotel Swiss-Belinn dengan menggunakan program bantu SAP 2000 / ETABS.
4. Menentukan dimensi dari elemen beton pracetak monolit sehingga mampu menahan beban-beban yang bekerja pada struktur hotel Swiss-Belinn.
5. Menentukan metode sambungan dari elemen-elemen pracetak yang tahan gempa.
6. Merancang pondasi dari struktur hotel Swiss-Belinn yang mampu menahan beban yang dipikul dan sesuai dengan kondisi tanah yang berbeda.
7. Membuat gambar teknik dari hasil perhitungan struktur hotel Swiss-Belinn menggunakan metode beton pracetak.

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah perencanaan gedung hotel Swiss-Belinn adalah :

1. Perencanaan elemen struktur pracetak hanya pada pelat, balok, dan kolom.
2. Perencanaan dinding geser menggunakan metode cor ditempat.
3. Perencanaan tidak meninjau dari segi produksi beton pracetak, segi analisis anggaran biaya dan manajemen konstruksi, dan tidak memperhitungkan electrical dan plumbing.
4. Perencanaan *basement* dan pondasi.
5. Tidak menghitung tiang pancang yang dijadikan dinding penahan tanah pada struktur basement.

1.5. Manfaat

Manfaat dari perencanaan gedung hotel Swiss-Belinn adalah :

1. Memahami perancangan pada struktur gedung bertingkat dengan metode pracetak.
2. Menjadi acuan bagi para pembaca tentang pembangunan dengan metode beton pracetak dalam semua komponen struktur serta sambungannya.
3. Menambah wawasan pengetahuan penulis tentang beton pracetak sehingga bermanfaat pada masa mendatang ketika memasuki dunia kerja

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan...”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum

Dalam tinjauan pustaka ini akan dibahas jurnal-jurnal dan dasar teori menyangkut perencanaan Hotel Swiss-Belinn, Surabaya secara umum dengan menggunakan beton pracetak secara khusus.

2.2. Beton Pracetak

Beton pracetak sebenarnya tidak berbeda dengan beton yang sering kita jumpai dalam bangunan pada umumnya, yang membedakan hanyalah proses produksinya. Lawan dari pracetak adalah beton cor di tempat atau beton konvensional. Dibandingkan dengan beton konvensional, teknologi beton pracetak mempunyai beberapa keunggulan. Keunggulan dan kelemahan tersebut dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1. Keunggulan dan Kelemahan Beton Pracetak

Keunggulan	Kelemahan
Pekerjaan dilokasi proyek menjadi lebih sederhana	Dibutuhkan peralatan lapangan dengan kapasitas angkat yang cukup untuk mengangkat komponen konstruksi
Produksinya hampir tidak terpengaruh oleh cuaca	Kerusakan yang mungkin timbul selama proses transportasi
Waktu konstruksi yang relatif lebih singkat karena pekerjaan di lapangan hanya	Diperlukan perencanaan yang detail dibagian sambungan.

mengerjakan sebagian dari bangunan dan kemudian digabung dengan komponen-komponen beton pracetak.	
Aspek kualitas, dimana beton dengan mutu prima dapat mudah dihasilkan dalam lingkungan pabrik.	Diperlukan lahan yang luas untuk proses produksi dalam jumlah yang besar.
Mampu mereduksi biaya konstruksi.	Hanya cocok untuk bangunan yang menggunakan komponen sejenis(<i>typical</i>)

Sumber :(Dewi, 2011)

2.3. Sistem Struktur Gedung

Sistem struktur yang digunakan sebagai penahan gaya gempa pada perencanaan gedung secara umum terdapat beberapa sistem struktur, diantaranya sistem dinding struktural, sistem rangka pemikul momen, dan sistem ganda. Pada Gedung Hotel Swiss-Belinn digunakan sistem ganda dengan rangka pemikul momen yang mampu menahan gaya gempa yang ditetapkan disertai dengan dinding geser beton bertulang biasa. Perencanaan struktur juga disesuaikan dengan zona gempa yang terdapat pada lokasi gedung tersebut.

Struktur sistem ganda adalah gabungan antara rangka pemikul momen dengan *shear wall* yang dapat bekerja bersamaan dalam menahan beban gempa. Pada Sistem Ganda, beban lateral (V) dipikul bersama oleh dinding struktur dan Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) secara proporsional berdasarkan kekakuan relatif masing-masing tetapi juga memperhitungkan interaksi kedua sistem di semua tingkat. Selain itu, untuk pengamanan terhadap keruntuhan, rangka penahan momen harus didesain secara tersendiri mampu menahan sedikitnya 25 % dari V.

Sistem rangka akan menerima sedikitnya 25 % dari gaya lateral yang bekerja dan *shearwall* akan menerima paling banyak 75 % dari gaya lateral yang bekerja, untuk dapat memenuhi syarat tersebut maka kita harus mendesain agar perilaku struktur dapat sesuai dengan syarat yang ditentukan. Dengan besarnya gaya lateral yang mampu diterima oleh *Shearwall*, maka dimensi rangka utama dapat diperkecil sehingga perancangan struktur bisa lebih efisien dan ekonomis. (Wulandari, 2006)

2.4. Konstruksi Tahan Gempa

Menurut Perencanaan dari suatu struktur gedung pada daerah gempa haruslah memenuhi falsafah perencanaan gedung tahan gempa, yaitu:

- bangunan dapat menahan gempa bumi kecil atau ringan tanpa mengalami kerusakan.
- bangunan dapat menahan gempa bumi sedang tanpa kerusakan yang berarti pada struktur utama walaupun ada kerusakan pada struktur sekunder.
- bangunan dapat menahan gempa bumi kuat tanpa mengalami keruntuhan total bangunan, walaupun bagian struktur utama sudah mengalami kerusakan.

2.5. Tinjauan Elemen Pracetak

2.5.1. Pelat Cetak

Pada elemen pelat pracetak, terdapat 5 macam pelat pracetak yang umum diproduksi dan digunakan sebagai elemen pracetak, antara lain :

a. Waffle Slabs

waffle Slabs adalah sistem balok T dengan jarak yang dekat. Keunggulan sistem ini yang paling menonjol terletak pada ketahanannya terhadap getaran. Sistem ini sangat cocok jika digunakan pada bangunan yang memerlukan peredaman

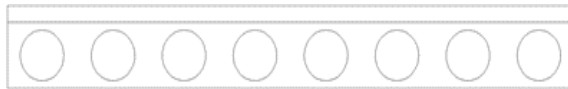
tinggi seperti pabrik dan laboratorium yang tidak mengijinkan getaran (Wadi, 2011).

b. Ribbed Slabs

Ribbed slab merupakan sistem pelat beton bertulang yang memiliki rusuk satu arah yang berguna menambah kekuatan dan kekakuan pada arah pemasangannya (Ervianto, 2012).

c. Pelat Berlubang (*Hollow Core Slab*)

Pelat ini merupakan pelat pracetak dimana ukuran tebal lebih besar dibanding dengan pelat pracetak tanpa lubang. Biasanya pelat tipe ini menggunakan kabel pratekan. Keuntungan dari pelat jenis ini adalah lebih ringan, tingkat durabilitas yang tinggi dan ketahanan terhadap api sangat tinggi. Kegunaan utamanya untuk pelat lantai atau pelat atap, namun dapat diaplikasikan juga sebagai panel dinding (Jose and Kumar, 2014)



Gambar 2.1. *Hollow Core Slab*

d. *Solid Slab*

Solid Slab atau pelat pracetak tanpa lubang ini lebih tipis dibandingkan dengan pelat pracetak dengan lubang. Keuntungannya adalah lebih mudah dalam proses penyimpanan Karena tidak memakan banyak tempat. *Solid slab* bisa berupa pratekan atau beton bertulang pada umumnya dengan ketebalan dan lebar bervariasi.

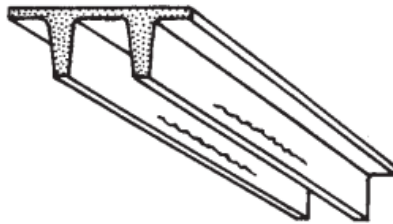


Gambar 2. 2. *Solid Slab*

(*sumber* : PCI Design Handbook 6th Edition)

e. Pelat Pracetak *Single Tee* dan *Double Tees*

Pelat ini merupakan gabungan antara pelat dan balok. Diasumsikan sebagai pelat satu arah. Bentangnya bisa mencapai 10 meter.



Gambar 2. 3. Pelat Double Tees

(*Sumber* : *Precast/prestressed concrete institute*)

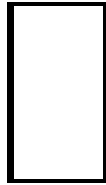
2.5.2. Balok Pracetak

Elemen balok dapat diproduksi dengan berbagai bentang dan macam bentuk penampang. Penentuan bentuk penampang dari sebuah balok dipengaruhi oleh system yang akan digunakan misalnya system sambungan antara balok dengan pelat lantai, system sambungan antara balok dengan kolom (Ervianto, 2006).

Ada tiga jenis balok pracetak yang sering atau umum digunakan, yaitu :

1. Balok Berpenampang Persegi

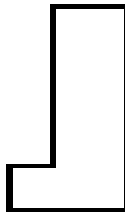
Balok dengan penampang persegi lebih mudah saat proses fabrikasi dengan bekisting yang lebih ekonomis dan tidak perlu memperhitungkan tulangan akibat cor sewaktu pelaksanaan. (Sianturi, 2012)



Gambar 2.4. Balok Berpenampang Persegi

(Sumber: PCI Design Handbook 6th Edition)

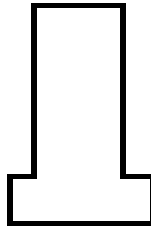
2. Balok Berpenampang L (*L-Shape Beam*)



Gambar 2.5. Balok Berpenampang L (*L-Shape Beam*)

(Sumber: PCI Design Handbook 6th Edition)

3. Balok Berpenampang T Terbalik (*Inverted Tee Beam*)

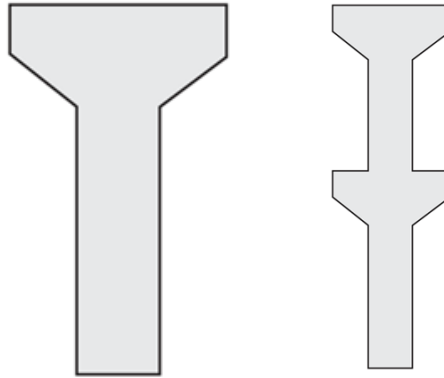


Gambar 2.6. Balok Berpenampang T Terbalik (*Inverted Tee Beam*)

(Sumber: PCI Design Handbook 6th Edition)

2.5.3. Kolom Pracetak

Sebagai elemen struktur bangunan yang mempunyai fungsi meneruskan beban dari lantai-lantai di atasnya, dimana didominasi gaya normal yang bekerja maka secara teknis kolom dapat diproduksi secara pracetak. Jenis kolom beton yang dapat diproduksi secara pracetak tergantung dari ketinggian bangunan, metode *erection* yang akan digunakan, dan kemampuan angkat alat bantu/*crane*. Kolom pracetak dapat diproduksi tanpa menyambung atau dengan sambungan. Untuk bangunan ketinggian dibawah 30 meter, penggunaan kolom menerus masih dimungkinkan, sedangkan untuk yang di atas 30 meter sebaiknya digunakan kolom dengan sambungan (Ervianto, 2006).



Gambar 2.7. Penampang Kolom Pracetak

(Sumber : Sarawak Consolidated Industries Berhad)

2.6. Dinding Geser (*Shearwall*)

Bangunan tahan gempa umumnya menggunakan elemen-elemen struktur kaku berupa dinding geser untuk menahan gaya geser, momen, dan gaya aksial yang timbul akibat beban gempa. Dengan adanya dinding geser yang kaku pada bangunan, sebagian besar beban gempa akan terserap oleh dinding geser tersebut. (Imran, 2014)

Dinding geser biasanya dikategorikan berdasarkan geometrinya, yaitu :

- Flexural wall (dinding langsing), yaitu dinding geser yang memiliki rasio $h_w / l_w \geq 2$ dan desainnya dikontrol oleh perilaku lentur.
- Squat wall (dinding pendek), yaitu dinding geser yang memiliki rasio $h_w / l_w \leq 2$ dan desainnya dikontrol oleh perilaku geser.
- Coupled shear wall (dinding berangkai), dimana momen guling yang terjadi akibat beban gempa ditahan oleh sepasang dinding, yang dihubungkan oleh balok-balok perangkai, sebagai gaya-

gaya tarik dan tekan yang bekerja pada masing-masing dasar pasangan dinding tersebut.

2.7. Sambungan Beton Pracetak

Sambungan adalah elemen yang sangat penting dalam desain konstruksi bangunan tahan gempa. Keruntuhan bangunan akibat gempa terjadi pada sambungan yang relatif kurang kaku atau monolit sehingga lemah dalam menahan beban gempa. Agar bangunan memiliki performa yang baik saat menerima beban gempa, maka harus dipenuhi syarat sambungan balok kolom. Sambungan balok-kolom menempati fungsi yang sangat kritis, karena mekanisme respon struktur terhadap beban terjadi pada penyaluran gaya-gaya dari balok ke kolom-kolom bangunan (Indrayana, 2013).

Ada 2 jenis sambungan dalam system beton pracetak, yaitu sambungan basah (*wet joint*) dan sambungan kering (*dry joint*). Untuk *wet joint* dilaksanakan menggunakan metode konvensional atau cor di tempat, struktur yang terbentuk lebih monolit, toleransi dimensi lebih tinggi bila dibandingkan dengan *dry joint*. Akan tetapi, sambungan *Wet joint* membutuhkan *setting time* beton lebih lama yang berpengaruh pada waktu pelaksanaan konstruksi. Sedangkan pada *dry joint*, struktur yang terbentuk kurang monolit, namun setelah proses pemasangan sambungan segera dapat berfungsi sehingga mempercepat waktu pelaksanaan konstruksi. Kelemahannya adalah toleransi dimensi rendah sehingga membutuhkan akurasi yang tinggi selama proses produksi dan pemasangan. (Noorhidana, 2009).

Dari berbagai cara peyambungan komponen beton pracetak, masing masing mempunyai karakteristik yang berbeda, yang secara garis besar disajikan dalam table berikut ini:

Tabel 2.2. Perbandingan Metode Penyambungan

Deskripsi	<i>In-Situ Concrete Joints</i>	Sambungan Baut dan Las
Keutuhan struktur	Monolit	Tidak monolit
Waktu yang dibutuhkan agar sambungan dapat berfungsi secara efisien	Perlu <i>setting time</i>	Segera dapat berfungsi
Metode <i>erection</i> yang sesuai	<i>Horizontal method</i>	<i>Vertical method</i>
Jenis sambungan	Basah	Kering
Ketinggian bangunan	-	Max 25 meter
Waktu pelaksanaan	Lebi lama	Lebih cepat
Toleransi dimensi	Lebih tinggi	Rendah
Bentang dari struktur yang mampu didukung	Terbatas	Terbatas

Sumber : (Ervianto, 2006)

2.8. Pengangkatan dan Pemasangan Beton Pracetak

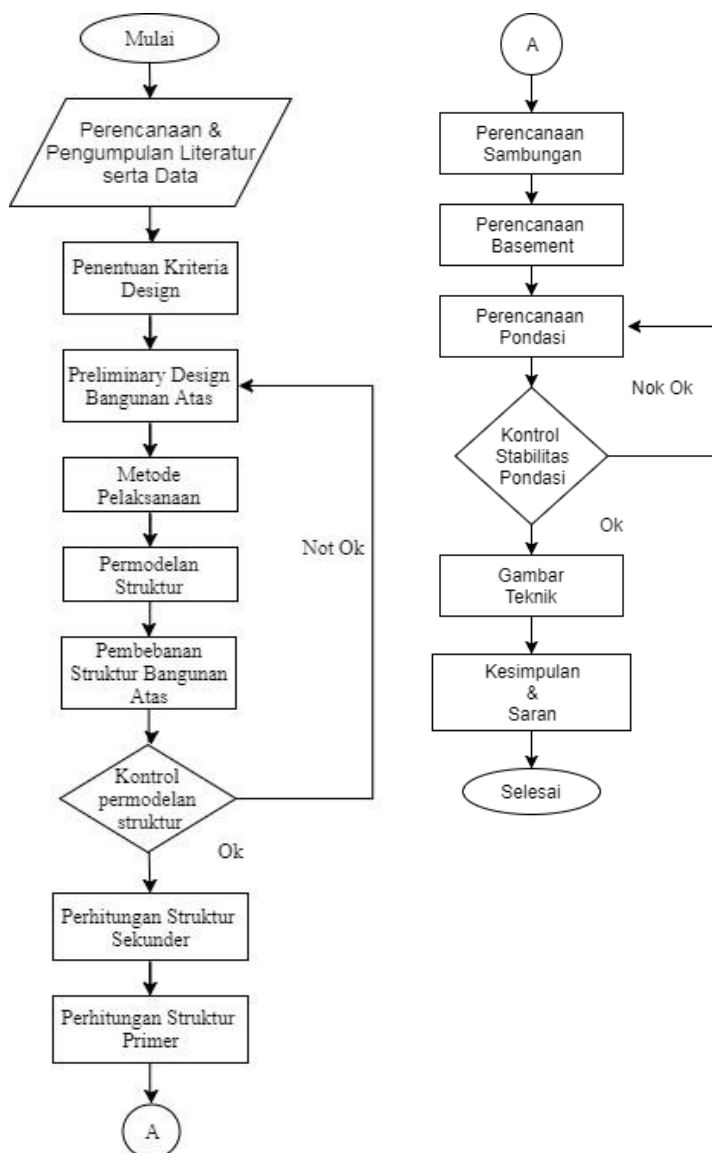
Proses pengangkatan dan pemasangan juga merupakan hal yang tidak kalah pentingnya untuk diperhatikan karena kesalahan dan tidak baiknya proses ini dapat mengakibatkan keretakan pada beton itu sendiri. Beban kerja pada saat pengangkatan beton pracetak, seharusnya berdasarkan pada faktor keamanan. Pemilihan alat angkut ini harus benar-benar diperhatikan dan pemilihan alat angkut ini dipengaruhi beberapa faktor seperti tinggi bangunan, kondisi lokasi proyek, serta berat dan jumlah komponen beton pracetak. (Nandasari, 2013).

BAB III METODOLOGI

3.1. Umum

Perencanaan Gedung Hotel Swiss-Belinn menggunakan metode beton pracetak tentunya harus memiliki susunan pengerjaan sesuai dengan urutan kegiatan yang akan dilakukan. Urutan pelaksanaan dimulai dari pengumpulan data sampai gambar teknik pada akhirnya.

3.2. Bagan Alur Perencanaan



Gambar 3. 1. Bagan Alir Penyelesaian Tugas Akhir

3.3. Pengumpulan Data

1. Data Umum

- Nama gedung : Gedung Hotel Swiss-Belinn Darmo
- Lokasi : Jl. Raya Darmo, Surabaya, Jawa Timur
- Fungsi : Hotel
- Jumlah lantai : 14
- Tinggi bangunan : ± 60.7 m
- Total luas area : ± 1482.25 m²
- Struktur utama : Struktur beton bertulang
- Atap : Rangka Baja

2. Data Bahan :

- Kekuatan tekan beton (f_c') : - MPa
- Tegangan leleh baja (f_y) : - Mpa
- Data Tanah : -

3. Data Gambar

- Gambar Sruktur : (Lampiran)
- Gambar arsitektur : (Lampiran)

Bangunan gedung tersebut akan dimodifikasi menggunakan metode beton pracetak dan data bangunan yang direncanakan sebagai berikut :

1. Data Umum Bangunan

- Nama gedung : Gedung Hotel Swiss-Belinn Darmo
- Lokasi : Jl. Raya Darmo, Surabaya, Jawa Timur
- Fungsi : Hotel
- Jumlah lantai : 15
- Tinggi bangunan : ± 54.00 m
- Total luas area : ± 1482.25 m²
- Struktur utama : Struktur beton pracetak
- Atap : Beton Pracetak

2. Data Bahan :
 - Kekuatan tekan beton (f'_c) : 40 MPa
 - Tegangan leleh baja (f_y) : 420 Mpa
 - Data Tanah : (Lampiran)
3. Data Gambar
 - Gambar Sruktur : (Lampiran)
 - Gambar arsitektur : (Lampiran)

Beberapa literatur serta peraturan gedung tersebut antara lain:

- Badan Standarisasi Nasional. 2013. Tata cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2013)
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 03-1726-2012)
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. Tata Cara Perhitungan Pembebanan Untuk Bangunan Rumah dan Gedung (RSNI 03-1727-2013)
- PCI Handbook 6th Edition. Precast and Prestress Concrete
- ACI 318M-14. Building Code Requirents for Structural Concrete

3.4. Pemilihan Kriteria Desain

Metode pracetak banyak dipilih karena konfigurasi struktur gedung adalah beraturan dan tipikal pada setiap lantainya. Sedangkan dalam pemilihan sistem struktur digunakan Sistem Ganda dengan Rangka Pemikul Momen Khusus yang mampu menahan paling sedikit 25% gaya gempa yang ditetapkan.

- Rangka Momen Khusus yang Dibangun Dengan Menggunakan Sistem Pracetak (SNI 2847:2013 pasal 21.5 - 21.8)

- Dinding Geser Beton Bertulang Khusus (SNI 2847:2013 pasal 21.9)

3.5. Preliminary Design Bangunan Atas

Preliminary design adalah desain awal atau estimasi jenis, mutu, serta dimensi material yang akan digunakan untuk membentuk struktur bangunan. Dimensi material dalam gedung ini meliputi balok induk, balok anak, kolom dan pelat. Penentuan dimensi inilah yang akan digunakan untuk tahapan perencanaan selanjutnya.

3.5.1. Penentuan Dimensi Elemen Struktur

3.5.1.1. Perencanaan Dimensi Pelat

Dalam merencanakan pelat, terdapat spesifikasi tebal minimum dalam dimensi pelat. Tebal minimum tersebut dapat mempengaruhi jenis pelat, apakah tergolong pelat dua arah atau pelat satu arah.

- Pelat Dua Arah
Sesuai dengan SNI 2847:2013, ketentuan tersebut berlaku untuk desain sistem slab yang ditulangi untuk lentur. Tebal minimum slab yang didesain sesuai dengan ketentuan tersebut harus seperti yang disyaratkan oleh SNI 2847:2013 pasal 9.5.3.1. Untuk mendesain tebal pelat dengan balok yang membentang di antara tumpuan pada semua sisinya dapat menggunakan rumus berikut:
 - a. Untuk α_{fm} yang sama atau lebih kecil dari 0,2 harus menggunakan SNI 2847:2013 pasal 9.5.3.2
 1. Tebal pelat tanpa penebalan 120 mm
 2. Tebal pelat dengan penebalan 100 mm;
 - b. Untuk $0,2 < \alpha_{fm} < 2$, ketebalan minimum pelat harus memenuhi persamaan

$$h = \frac{\ell_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 5\beta(\alpha_{fm} - 0,2)} \geq 125 \text{ mm} \quad (3-1)$$

(SNI 2847:2013, persamaan 9-12)

- c. Untuk $\alpha_{fm} > 2$ ketebalan minimum pelat harus memenuhi

$$h = \frac{\ell_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9\beta} \geq 90 \text{ mm} \quad (3-2)$$

(SNI 2847:2013, persamaan 9-13)

Dengan:

ℓ_n = panjang bentang bersih\

f_y = tegangan leleh baja

β = rasio tulangan bersih dalam arah memanjang terhadap arah memendek dari pelat dua arah

α_{fm} = nilai rata-rata α_f untuk semua balok pada tepi panel

- Pelat Satu Arah

Apabila jenis pelat yang digunakan adalah pelat satu arah, maka tebal minimum ditentukan berdasarkan rumus dari SNI 2847:2013 pasal 9.5.2.1 (tabel 9.5(a) sebagai berikut:

$$h = \frac{\ell}{20} \quad (3-3)$$

(SNI 2847:2013 pasal 9.5.2.1 (tabel 9.5(a))

Dimana :

h = Tebal Pelat

l = Panjang bentang

3.5.1.2. Perencanaan Dimensi Balok Induk

- Tinggi Balok

Dalam perencanaan balok, tinggi balok dapat ditentukan berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.5.1 Tabel 9.5(a). Nilai pada tabel tersebut berlaku apabila digunakan langsung untuk komponen struktur beton normal dan tulangan dengan mutu tertentu.

Tabel 3.1. Tinggi minimum balok

$h_{min} = \frac{L}{16}$	Digunakan apabila $f_y = 420$ Mpa
$h_{min} = \frac{L}{16} \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right)$	Digunakan untuk f_y selain 420 Mpa
$h_{min} = \frac{L}{16} (1,65 - 0,003 w_c)$	Digunakan untuk nilai W_c 1440 sampai 1840 kg/m ³

Dimana, b = Lebar balok
 h = Tinggi balok
 L_b = Panjang balok

3.5.1.3. Perencanaan Dimensi Kolom

Menurut SNI 2847:2013 pasal 9.3.2.2 gaya aksial tekan dan aksial tekan dengan lentur untuk komponen struktur dengan tulangan sengkang biasa, maka faktor reduksi (ϕ) sebesar 1/3.

$$A = \frac{W}{\phi \times f_c'} \quad (3-4)$$

(SNI 2847:2013 pasal 9.3.2.2)

Dimana,
 W = Beban aksial yang diterima kolom
 f_c' = Kuat tekan beton karakteristik

A = Luas penampang kolom

3.6. Metode Pelaksanaan

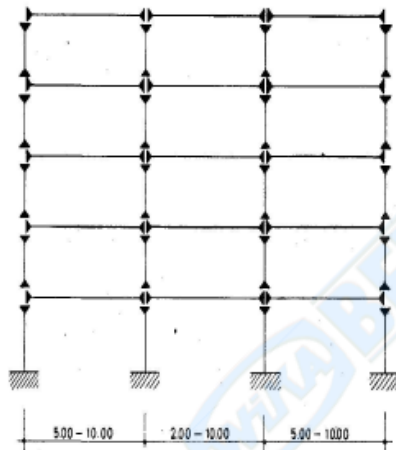
Pekerjaan konstruksi beton pracetak merupakan bagian dari metode konstruksi modern saat ini. Inovasi metode pelaksanaan pekerjaan yang efektif dan efisien tanpa mengurangi kemampuan struktur merupakan salah satu permintaan yang besar. Metode pelaksanaan merupakan komponen penting yang tidak bisa dipisahkan dalam desain struktur pracetak. Sebelum direncanakan, harus terlebih dahulu diketahui apakah struktur yang nantinya dibangun bisa direalisasikan. Metode pelaksanaan ini merupakan uraian mengenai komponen dan material-material pendukung yang digunakan dalam pelaksanaan metode beton pracetak.

3.6.1. Sistem Struktur

Berbeda dengan bangunan gedung yang proses konstruksinya menggunakan proses tradisional, bangunan yang menggunakan teknologi beton pracetak memerlukan perencanaan lebih detail, dimulai dari proses perancangan arsitektur, perancangan struktur, proses transportasi, hingga proses pelaksanaan dilapangan. System struktur yang dipakai pada kebanyakan bangunan lebih ditentukan oleh proses produksi di pabrik, proses transportasi, dan proses pelaksanaan dilapangan.

3.6.1.1. Struktur Rangka dengan Sambungan Antar Kolom di Setiap Lantai

Dalam tugas akhir ini, system struktur yang digunakan ialah sambungan antar kolom diletakkan di setiap lantai. Tujuannya ialah mempermudah pada tahap erection sehingga tidak membutuhkan alat beraat dengan kapasitas besar. System struktur ini sesuai untuk bangunan gedung dengan ketinggian antara 10 meter – 60 meter.



Gambar 3. 2. Sistem struktur rangka kolom sambungan setiap satu lantai

3.6.2. Metode Erection

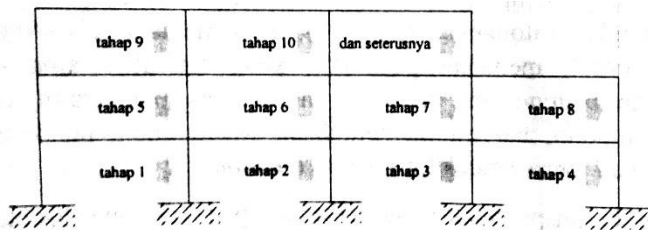
Proses penyatuan komponen beton pracetak menjadi satu kesatuan bangunan yang utuh dipengaruhi oleh beberapa factor, antara lain :

- System struktur bangunan.
- Jenis alat sambung yang digunakan.
- Kapasitas alat angkat crane yang tersedia.
- Kondisi lapangan.

Metode yang dapat digunakan dapat dibedakan menjadi dua, yaitu metode vertical dan metode horizontal. Namun, dalam tugas akhir ini penulis akan menggunakan metode horizontal.

3.6.2.1. Metode Horizontal

Penyatuan komponen beton pracetak dengan metode horizontal adalah proses erection yang pelaksanaannya tiap satu lantai (arah horizontal bangunan). Metode ini digunakan untuk struktur bangunan yang terdiri dari komponen kolom precast dengan sambungan pada tempat-tempat tertentu. Sambungan pada metode ini tidak harus segera dapat berfungsi sehingga tersedia waktu yang cukup untuk penerasan beton. Sambungan yang cocok untuk metode ini adalah cor ditempat.



Gambar 3. 3. Metode erection arah horizontal

3.6.3. Pengangkatan dan Peralatan Erection

3.6.3.1. Pengangkatan Elemen Pracetak

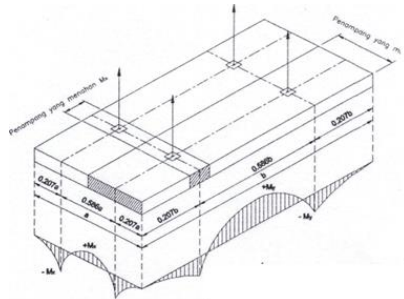
Dalam perencanaan bangunan yang menggunakan metode pracetak dibutuhkan metode pengangkatan saat erection. Hal ini sangat penting dijadikan perhatian karena proses rection sangat berpengaruh dalam perencanaan menggunakan metode pracetak.

➤ **Pengangkatan pelat pracetak**

Pemasangan pelat / dinding pracetak harus diperhatikan bahwa pelat akan mengalami pengangkatan sehingga perlu perencanaan terhadap tulangan angkat untuk pelat / dinding dengan tujuan untuk menghindari tegangan yang disebabkan oleh fleksibilitas dari truk pengangkut dalam perjalanan menuju lokasi proyek. Kondisi tersebut menyebabkan terjadinya momen-momen pada elemen

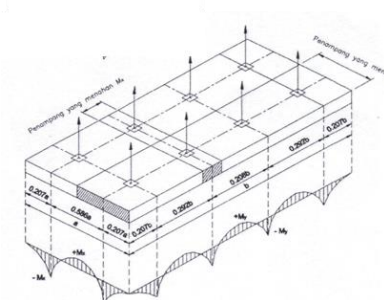
pracetak. Pada saat pengangkatan elemen pracetak, dapat menggunakan bantuan balok angkat yang berfungsi untuk menyeimbangkan elemen pracetak pada saat pengangkatan. Jenis titik angkat pada pelat tersebut dijelaskan berikut ini :

- Dua Titik Angkat



Gambar 3. 4. Dua Titik Angkat Pada Pelat Pracetak

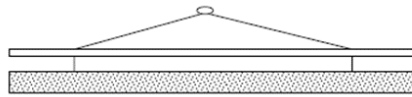
- Empat Titik Angkat



Gambar 3. 5. Empat Titik Angkat Pada Pelat Pracetak

➤ Pengangkatan Balok Pracetak

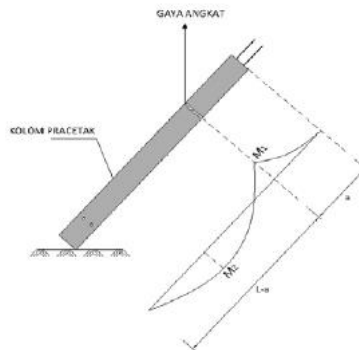
Kondisi pertama adalah saat pengangkatan balok untuk dipasang pada tumpuannya. Pada kondisi ini beban yang bekerja adalah berat sendiri balok pracetak yang ditumpu oleh angkur pengangkatan yang menyebabkan terjadinya momen pada tengah bentang dan pada tumpuan. Ada dua hal yang harus ditinjau dalam kondisi ini, yaitu kekuatan angkur pengangkatan (lifting anchor) dan kekuatan lentur penampang beton pracetak.



Gambar 3. 6. Pengangkatan Pada Elemen Balok

➤ Pengangkatan Kolom Pracetak

Kondisi yang perlu diperhatikan saat proses pengangkatan kolom pracetak adalah saat kolom pracetak dalam posisi miring, karena hal ini dapat menyebabkan momen pada bentang kolom.



Gambar 3. 7. Pengangkatan pada Elemen Kolom

3.6.3.2. Peralatan Erection

Peralatan yang dibutuhkan untuk menyatukan komponen beton pracetak tergantung dari tinggi bangunan yang akan dilaksanakan. Pada tugas akhir ini, bangunan yang direncanakan memiliki 15 lantai. Bangunan menengah dengan jumlah tingkat lima sampai dengan enam belas lantai, peralatan yang dapat digunakan adalah:

- Portable tower crane atau fixed tower crane
- Crawler crane (140 – 200 ton)
- Rubber-tired truck crane (125-140 ton)

3.6.4. Transportasi Elemen Beton Pracetak

System transportasi disini meliputi :

1. Pemindahan betook pracetak di area pabrik.
2. Pemindahan dari pabrik ke tempat penampungan di proyek.
3. Pemindahan dari penampungan sementara di proyek ke posisi akhir.

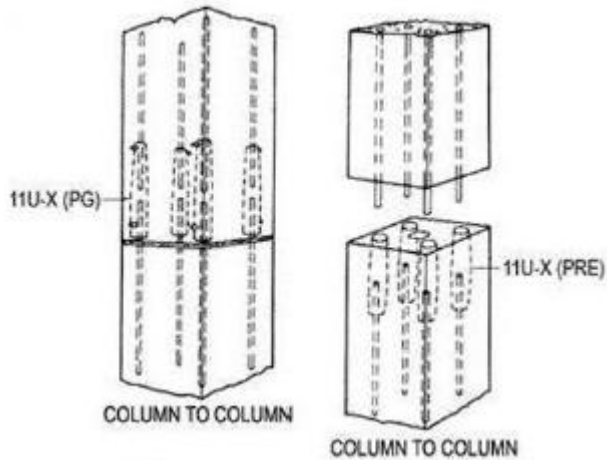
Tahap pemindahan komponen beton pracetak dari lokasi pabrikasi ke areal proyek diperlukan sarana angkut seperti truk tunggal, tandem, atau temple. Truk yang biasa digunakan untuk pengangkutan berukuran lebar 2,4 m x 16 m atau 2,4 m x 18 m dengan kapasitas angkut kurang lebih 50 ton.

3.6.5. Metode Pekerjaan Elemen Beton Pracetak

3.6.5.1. Pemasangan Elemen Kolom Pracetak

Setelah dilakukan pemancangan dan pembuatan pile cap maka tulangan kolom dipasang bersamaan dengan pengecoran pile cap. Pada penyambungan antar kolom dengan dimensi berbeda pada dasarnya sama seperti pada proses penyambungan antar kolom dengan dimensi sama, hanya saja pada tulangan panjang penyaluran pada kondisi ini lebih dilakukan penyesuaian terhadap lubang kolom yg berada di atasnya. Untuk metode penyambungannya di sini penulis menggunakan referensi dari

produk *coupler sleeve* dari **NMB Splice Sleeve** dan **SS Mortar Grouting injection**. Maka dari itu, sambungan pada kolom-kolom ini tetap diklasifikasikan dalam kategori sambungan basah (*wet connection*). Berikut adalah ilustrasi mengenai proses penyambungan antar kolom dengan menggunakan *coupler sleeve* dan *inject grouting* yang dapat dilihat pada gambar berikut.

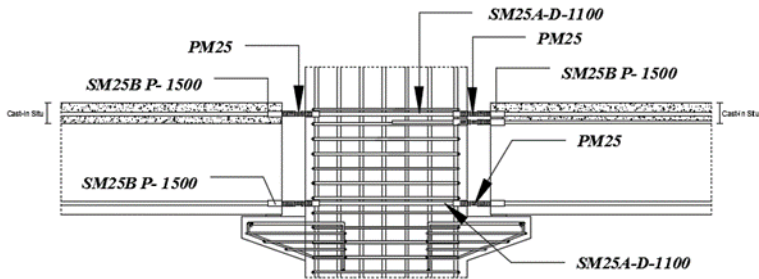


Gambar 3. 8. Pemasangan Sambungan Kolom

3.6.5.2. Pemasangan Elemen Balok Induk

Sambungan balok dengan kolom memanfaatkan panjang penyaluran pada tulangan balok. Tulangan balok nantinya akan diteruskan atau dikaitkan ke dalam kolom. Panjang penyaluran bagian bawah akan menerima tekan dan panjang penyaluran bagian atas akan menerima Tarik. Maka perhitungan panjang penyaluran dihitung dalam dua kondisi yaitu tekan dan tarik. Pada sambungan balok-kolom terdapat 2 kondisi yaitu sambungan *single sided connection* dan *double sided connection*. Dalam perencanaan sambungan ini akan digunakan produk sambungan

dari *Peikko group* yaitu dengan menggunakan *Modix Rebar Couplers*.

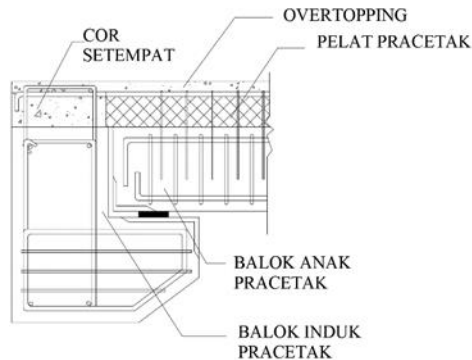


Gambar 3. 9. Pemasangan Sambungan Balok Induk-Kolom

3.6.5.3. Pemasangan Elemen Balok Anak

Dalam perancangan sambungan balok induk dengan balok anak digunakan konsol pada balok induk. Balok anak diletakkan pada konsol pendek pada balok induk, kemudian dirangkai menjadi satu kesatuan. Perencanaan konsol pada balok induk ini sama dengan perencanaan konsol pada kolom. Sedangkan, tulangan utama balok anak baik yang tulangan atas maupun bawah dibuat menerus atau dengan kait standar yang pendetailannya sesuai dengan aturan SNI. Dalam perencanaan sambungan ini akan

digunakan produk sambungan dari *Peikko group* yaitu dengan menggunakan *Modix Rebar Couplers*.



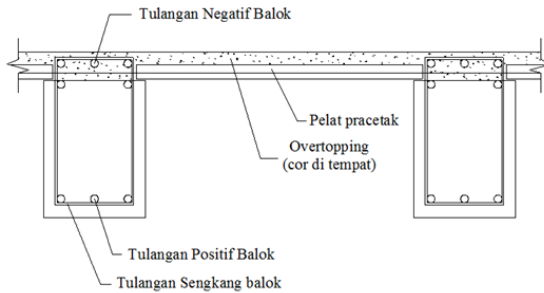
Gambar 3. 10. Pemasangan Sambungan Balok Induk-Balok Anak

3.6.5.4. Pemasangan Elemen Pelat

Pemasangan pelat pracetak di atas balok induk dan balok anak sesuai dengan dimensi pelat yang sudah ditentukan. Pemasangan tulangan bagian atas, baik tulangan tumpuan maupun tulangan lapangan untuk pelat, balok anak dan balok induk.

Setelah semua tulangan terpasang, kemudian dilakukan pengecoran pada bagian atas balok anak dan balok induk yang berfungsi sebagai topping atau penutup bagian atas. Selain itu topping juga berfungsi untuk merekatkan komponen pelat, balok anak, dan balok induk agar menjadi satu kesatuan (komposit). Hal

ini diperkuat dengan adanya tulangan panjang penyaluran pada masing – masing komponen pelat, balok anak, dan balok induk.



Gambar 3. 11. Pemasangan Sambungan Pelat Pracetak

3.7. Pembebanan

Dalam melakukan analisa perhitungan desain suatu struktur, perlu ada gambaran yang jelas mengenai perilaku dan besar beban yang bekerja pada struktur tersebut. Beban yang bekerja pada suatu struktur ada beberapa jenis menurut karakteristik, yaitu beban statis dan beban dinamis. Berikut ini akan menjelaskan lebih detail mengenai pembebanan sesuai dengan ketentuan berdasarkan SNI 1727:2013.

1. Beban Statis

Beban statis adalah beban yang bekerja secara terus-menerus pada struktur dan juga yang diasosiasikan timbul secara perlahan-lahan, dan mempunyai karakter steady-states yaitu bersifat tetap. Jenis-jenis beban statis menurut Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983 (PPIUG,1983) dan SNI 1727:2013 adalah sebagai berikut:

➤ Beban Mati

Beban mati adalah berat seluruh badan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, finishing, klading

gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya, didasarkan SNI 1727:2013.

Tabel 3.2. Beban Mati

Beban mati	Besar beban
Beton bertulang	2400 kg/m ²
Dinding pasangan bata ringan Hebel 60 x 20 x 10	65 kg/m ²
Plafon + penggantung	18 kg/m ²
Tegel	24 kg/m ²
Spesi per cm tebal	21 kg/m ²
Aspal	14 Kg/m ²
Ducting + Plumbing	30 kg/m ²

➤ **Beban Hidup**

Beban hidup adalah beban-beban yang dapat ada atau tidak ada pada struktur untuk suatu waktu yang diberikan. Semua beban hidup mempunyai karakteristik dapat berpindah atau bergerak. Beban hidup diperhitungkan berdasarkan pendekatan matematis dan menurut kebiasaan yang berlaku pada pelaksanaan konstruksi di Indonesia. Untuk menentukan secara pasti beban hidup yang bekerja sangatlah sulit karena fluktuasi beban hidup bervariasi, tergantung pada banyak faktor. Peraturan yang digunakan dalam perancangan beban hidup berdasarkan Peraturan Pembebanan SNI 1727:2013.

- Untuk ruang Pribadi dan Koridor yang melayani Ruang Pribadi sebesar 1.92 kN/m²
- Untuk ruang publik dan koridor yang melayani ruang publik sebesar 4.79 kN/m²
- Untuk atap datar sebesar 0.96 kN/m²

2. Beban Dinamis

- Beban gempa

Beban gempa berdasarkan Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung (SNI 1726:2012) di daerah Surabaya. Pembebanan gravitasi struktur pada Sistem Rangka Pemikul Momen hanya diterima oleh frame. Pembebanan ini termasuk beban mati dan beban hidup yang terjadi pada struktur. Perencanaan Beban Gempa pada struktur menggunakan metode diafragma, di mana pengaruh pada struktur dibebankan langsung ke pusat massa bangunan (center of mass). Gaya geser dasar akibat gempa diperoleh dengan mengalikan berat gedung dengan faktor-faktor modifikasi sesuai dengan peraturan pembebanan yang ada.

Analisa beban gempa berdasarkan SNI 1726:2012 meliputi:

➤ Penentuan Respon Spektrum

Penentuan wilayah gempa dapat dilihat pada lampiran Gambar 9 dan Gambar 10 dalam SNI-03-1726-2012.

➤ Respon Seismik (C_s)

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e} \right)} \quad (3-5)$$

((Pasal 7.8.1.1 SNI 1726:2012))

Di mana :

S_{DS} = percepatan spektrum respons desain dalam rentan periode pendek

R = faktor modifikasi respons

I_e = faktor keutamaan hunian

Dengan nilai C_s max tidak lebih dari

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I}\right)} \quad (3-6)$$

➤ Gaya geser dasar dan gaya seismik lateral

$$V = C_s \times W \quad (3-7)$$

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} \quad (3-8)$$

Di mana :

C_s = koefisien respons seismik yang ditentukan sesuai dengan SNI 1726:2012 Pasal 7.8.1.1
 W = berat seismik efektif menurut SNI 1726:2012 Pasal 7.7.2

- Beban Angin (*Wind Load/WL*)

Berdasarkan berdasarkan SNI 1727 – 2013 Pasal 27.2.1

Parameter beban angin yang harus diperhitungkan :

- Kecepatan angin dasar, V (Pasal 26.5)
- Faktor arah angin, K_0 (Pasal 26.6)
- Kategori eksposur (Pasal 26.7)
- Faktor topografi, K_{zt} (Pasal 26.8)
- Faktor efek tiupan angin (Pasal 26.9)
- Klasifikasi ketertutupan (Pasal 26.10)
- Koefisien tekanan internal (Pasal 26.11)

3.7.1. Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan sesuai dengan SNI 03-2847-2013 pasal 9.2.1

- 1) $U = 1,4 D$
- 2) $U = 1,2 D + 1,6 L$
- 3) $U = 1,2 D + 1,0 L \pm 1,0 E$
- 4) $U = 1,0 D + 1,0 L$
- 5) $U = 0,9 D \pm 1,0 E$

Keterangan :

U : beban ultimate

D : beban mati

L : beban hidup

E : beban gempa

3.8. Permodelan Struktur

Analisa struktur utama menggunakan program ETABS/SAP 2000 untuk mendapatkan reaksi dan gaya dalam yang bekerja pada struktur. Model harus memenuhi beberapa kriteria di kontrol permodelan struktur agar model yang dibuat dapat digunakan untuk perhitungan.

3.9. Kontrol Permodelan Struktur

Permodelan yang dibuat harus memenuhi beberapa kriteria di bawah agar gaya gempa yang terjadi pada permodelan dapat digunakan saat perencanaan.

3.9.1. Kontrol Partisipasi Massa

Sesuai SNI 1726-2012 pasal 7.9.1 : Partisipasi Massa < 90%. Analisis harus dilakukan untuk menentukan ragam getar alami untuk struktur. Analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar paling sedikit 90% dari massa actual dalam

masing-masing arah horizontal orthogonal dari respons yang ditinjau oleh model.

3.9.2. Kontrol Periode Fundamental Struktur

Sesuai SNI 1726-2012 pasal 7.8.2 : $T_a < T < C_u \times T_a$. periode fundamental struktur, T , dalam arah yang ditinjau harus diperoleh menggunakan properti struktur dan karakteristik deformasi elemen penahan dalam analisis yang teruji. Periode fundamental struktur, T , tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan di atas pada periode yang dihitung (C_u) dari tabel 14 pada SNI 1726-2002 dan periode fundamental pendekatan, T_a , yang ditentukan sesuai dengan pasal 7.8.2.1. sebagai alternatif pada pelaksanaan analisis untuk menentukan periode fundamental struktur. Nilai “ T ”, diijinkan secara langsung menggunakan periode bangunan pendekatan, T_a , yang dihitung sesuai dengan pasal 7.8.2.1.

$$T_a = C_t \times h_n^x \quad (3-9)$$

Keterangan:

h_n = ketinggian struktur (m)

C_t = koefisien yang ditentukan dari Tabel 15 pada SNI 1726-2002

X = koefisien yang ditentukan dari Tabel 15 pada SNI 1726-2002

Tabel 3.3. Koefisien C_u

Parameter percepatan respons spectral desai pada 1 detik, SD1	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,15$	1,7

Tabel 3.4. Koefisien C_t dan x

Tipe Struktur	C_t	x
Rangka Baja Pemikul Momen	0,0724	0,8
Rangka Beton Pemikul Momen	0,0466	0,9
Rangka Baja dengan Bresing Eksentris	0,0731	0,75
Rangka Baja dengan Bresing Terkekang Terhadap Tekuk	0,0731	0,75
Semua Sistem Struktur Lainnya	0,0488	0,75

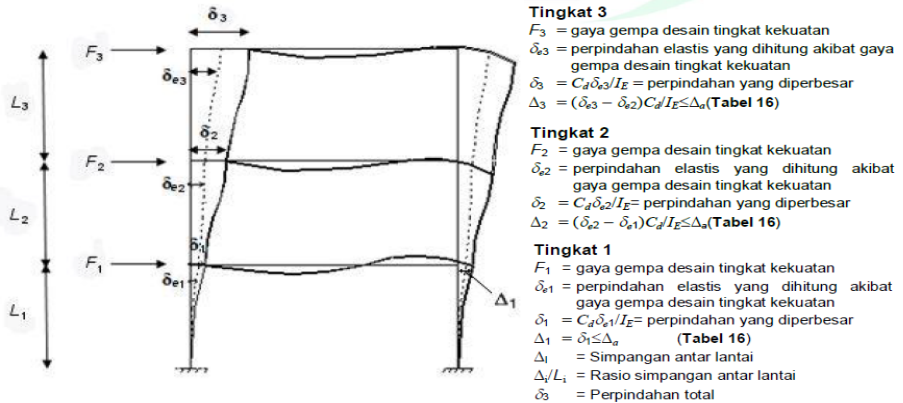
3.9.3. Kontrol Skala Gaya Dinamis

Sesuai SNI 1726-2012 pasal 7.9.4.1 : Gaya Dinamis $> 85\%$ Gaya Statis. Bila Periode fundamental yang dihitung melebihi $C_u T_a$, maka $C_u T_a$ harus digunakan sebagai pengganti dari T dalam arah itu. Kombinasi respons untuk geser dasar ragam (V_t) lebih kecil 85 persen dari geser dasar yang dihitung (V) menggunakan prosedur gaya lateral ekuivalen, maka gaya harus dikalikan dengan 0,85 (V/V_t).

3.9.4. Kontrol Drift (Defleksi Bangunan)

Sesuai SNI 1726-2012 pasal 7.8.6 : Defleksi tiap lantai $>$ Defleksi ijin. Penentuan Simpangan antar lantai tingkat desain harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau. Apabila pusat massa terletak tidak segaris dalam arah vertikal, diijinkan untuk menghitung defleksi didasar tingkat berdasarkan proyeksi vertikal dari pusat massa tingkat diatasnya. Jika desain tegangan ijin digunakan, defleksi harus dihitung menggunakan gaya gempa

tingkat kekuatan yang ditetapkan tanpa reduksi untuk desain tegangan ijin.



Gambar 3.12. Perhitungan Simpangan Tiap Lantai

Tabel 3.5. Simpangan ijin struktur

Struktur	Kategori Risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit, dan system dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai	0,025 h	0,02 h	0,015 h
Struktur dinding geser kantilever batu bata	0,010 h	0,010 h	0,010 h
Struktur dinding geser batu bata lainnya	0,007 h	0,007 h	0,007 h
Semua struktur lainnya	0,020 h	0,015 h	0,010 h

3.10. Analisa Struktur

3.10.1. Perhitungan Gaya Dalam

Pehitungan gaya dalam pada struktur utama menggunakan program bantu ETABS / SAP 2000. Adapun hal-hal yang harus diperhatikan dalam analisa struktur ini antara lain :

- Bentuk Gedung
- Dimensi elemen struktur dari preliminary design
- Pembebanan struktur
- Kombinasi pembebanan
- Wilayah Gempa

3.11. Perencanaan Struktur Sekunder

3.11.1. Perencanaan Balok Anak

Beban yang diterima oleh pelat akan didistribusikan ke balok anak. Beban tersebut dihitung sebagai beban ekuivalen trapezium, segitiga dan dua segitiga. Selanjutnya, dari hasil gaya dalam yang terjadi pada balok anak tersebut akan digunakan untuk perencanaan penulangan lentur dan geser. Untuk penentuan dimensi balok anak perhitungan sama dengan perhitungan balok induk mengacu pada berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.5.1 Tabel 9.5(a).

3.11.2. Perencanaan Tangga

Perencanaan desain awal tangga mencari lebar dan tinggi injakan.

$$60 \text{ cm} \leq 2t + i \leq 65 \text{ cm}$$

Dimana,

t = tinggi injakan

i = lebar injakan

α = sudut kemiringan tangga ($25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$)

Untuk penulangan tangga, perhitungan penulangan pelat bordes dan pelat dasar tangga dilakukan sama dengan perencanaan tulangan pelat dengan anggapan tumpuan sederhana (sendi dan rol). Perencanaan tebal tangga ditentukan sesuai ketentuan dalam perhitungan dimensi awal pelat.

3.11.3. Perencanaan Struktur Atap

Konstruksi atap direncanakan berfungsi sebagai pelindung komponen yang ada di bawahnya. Atap direncanakan hanya sebagai beban bagi konstruksi utama sehingga dalam perhitungannya dilakukan secara terpisah. Namun perhitungannya mengacu pada SNI 2847:2013 pasal 9.5.3.1.

3.11.4. Perencanaan Lift

Lift merupakan alat transportasi manusia dari satu lantai ke lantai lain dalam sebuah gedung. Perencanaan lift disesuaikan dengan jumlah lantai dan perkiraan jumlah penggunaan lift. Dalam perencanaan lift, metode perhitungan yang dilakukan merupakan analisis terhadap konstruksi ruang tempat lift dan balok penggantung katrol lift.

Ruang landasan diberi kelonggaran (pit lift) supaya pada saat lift mencapai lantai paling bawah, lift tidak membentur dasar landasan, di samping itu berfungsi menahan lift apabila terjadi kecelakaan, misalnya saat tali putus. Perencanaan ini meliputi perencanaan balok penumpu depan dan penumpu belakang.

3.12. Perencanaan Penulangan Struktur

Perhitungan perencanaan struktur utama dilakukan setelah perhitungan untuk elemen sekunder beserta gaya-gaya dalam yang diperoleh dari hasil analisa struktur, selanjutnya pendetailan elemen-elemen struktur utama. Perencanaan struktur ini meliputi perencanaan penulangan lentur dan perencanaan penulangan geser.

3.12.1. Perencanaan Penulangan Balok

3.12.1.1. Perhitungan penulangan lentur Balok

Balok merupakan komponen struktur yang terkena beban lentur. Perhitungan penulangan lentur untuk komponen balok harus memenuhi ketentuan SRPMM yang tercantum dalam SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.2.

Tahapan dalam merencanakan tulangan lentur adalah sebagai berikut:

1. Menentukan data-data d , f_y , f'_c , dan M_u .
2. Menentukan harga β_1 sesuai peraturan SNI 2847:2013 pasal 10.2.7.3 berikut:

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(f'_c - 28)}{7} \quad (3-10)$$

3. Menentukan batasan harga tulangan dengan menggunakan rasio tulangan yang disyaratkan sebagai berikut:

$$\rho_b = \frac{0.85\beta_1 f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \quad (3-11)$$

(SNI 2847:2013 lampiran B (8.4.2))

$$\rho_{\max} < 0.025 \quad (\text{SNI 03-2847-2013 pasal (21.5.2.1)})$$

$$\rho_{\max} < 0.75\rho_b \quad (\text{SNI 2847:2013 lampiran B (10.3.3)})$$

$$\rho_{\min} = \frac{0.25x\sqrt{f'_c}}{f_y} \quad (3-12)$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} \quad (\text{SNI 2847:2013 pasal 10.5.1}) \quad (3-13)$$

Dari kedua harga ρ_{\min} tersebut, diambil harga yang terbesar sebagai yang menentukan.

4. Menentukan harga m

$$m = \frac{f_y}{0.85 f'_c} \quad (3-14)$$

5. Menentukan R_n

$$Rn = \frac{Mn}{\phi b d^2} \quad (\text{SNI 2847:2013 pasal 9.3}) \quad (3-15)$$

6. Menghitung rasio tulangan yang dibutuhkan

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2xmRn}{fy}} \right) \quad (3-16)$$

$$\rho_{min} < \rho_{pakai} < \rho_{max}$$

7. Menentukan luas tulangan (A_s) dari ρ yang didapat

$$\rho = \frac{A_s}{b x d} \quad A_s = \rho x b x d \quad (3-17)$$

8. Menentukan jumlah tulangan

$$\text{Jumlah tulangan} = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{\frac{1}{4} \times \pi \times \phi^2} \quad (3-18)$$

9. Menghitung jarak tulangan

$$\text{Jarak tulangan} = \frac{b - n \times \phi L - 2d' - 2\phi S}{n - 1} \quad (3-19)$$

3.12.1.2. Perhitungan Tulangan Geser Balok

Perencanaan penampang geser harus didasarkan sesuai SNI 2847:2013, Pasal 11.1.1 persamaan 11-1 yaitu harus memenuhi :

$$\phi V_n \geq V_u,$$

Dimana:

V_n = kuat geser nominal penampang

V_u = kuat geser terfaktor pada penampang

ϕ = reduksi kekuatan untuk geser = 0,75

Sedangkan untuk kuat geser nominal dari penampang merupakan hasil penjumlahan dari kuat geser beton (V_c) dan tulangan (V_s).

$$V_n = V_c + V_s \quad (3-20)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.1.1 persamaan 11-2)

$$V_c = 0,17\alpha\sqrt{f'}cb_wd \quad (3-21)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.2.1.1 persamaan 11-3)

Perencanaan penampang terhadap geser harus didasarkan pada :

$$\phi V_n \geq V_u \quad (\text{SNI 2847:2013, Pasal 11.1.1})$$

Dimana:

V_u = geser terfaktor pada penampang yang ditinjau

V_n = Kuat geser nominal

V_c = Kuat geser beton

V_s = Kuat geser nominal tulangan geser

3.12.1.3. Kontrol Torsi

Akibat torsi harus diperhitungkan apabila memenuhi kriteria berikut:

$$T_u \leq \frac{\phi\sqrt{f'}c}{12} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}^2} \right) \quad (3-22)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.5.1)

Perencanaan penampang terhadap torsi:

$$T_u \leq \phi T_n \quad (3-23)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.5.3.5 pers.11-20)

Tulangan sengkang untuk puntir:

$$T_n = \frac{2.A_0.A_t.f_y}{s} \cot \theta \quad (3-24)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.5.3.6 pers.11-21)

Dimana:

Tu = Momen torsi terfaktor

Tn = Kuat momen tosi

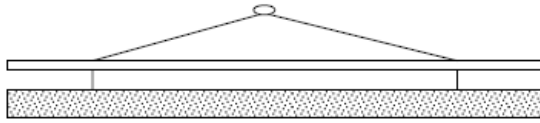
Tc = Kuat torsi nominal yang disumbang oleh beton

Ts = Kuat momen torsi nominal tulangan geser

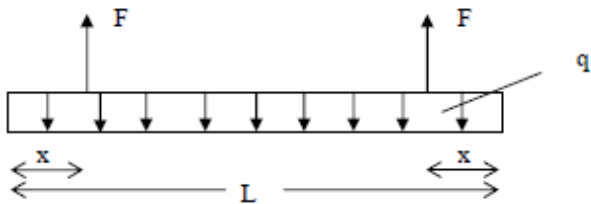
A₀ = Luas yang dibatasi oleh lintasan aliran geser mm²

3.12.1.4. Titik Pengangkatan pada Balok Pracetak

Kondisi pertama adalah saat pengangkatan balok pracetak untuk dipasang pada tumpuannya. Pada kondisi ini beban yang bekerja adalah beban dari berat sendiri balok pracetak yang ditumpu oleh angkur pengangkatan yang menyebabkan terjadinya momen pada tengah bentang dan pada tumpuan sehingga perlu perencanaan terhadap tulangan angkat pada balok. Ada dua hal yang harus ditinjau dalam kondisi ini, yaitu kekuatan angkur pengangkatan dan kekuatan lentur penampang beton pracetak.

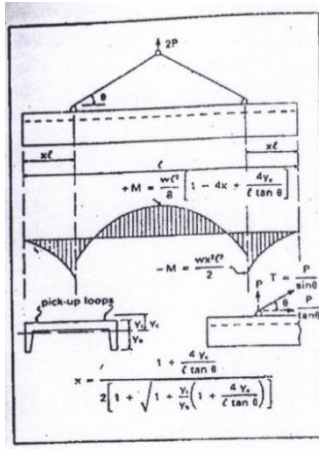


Gambar 3.13. Pengangkatan balok pracetak



Gambar 3.14. Model Pembebanan Balok Pracetak Saat Pengangkatan

Balok pracetak harus dirancang untuk menghindari kerusakan pada waktu proses pengangkatan. Titik pengangkatan dan kekuatan tulangan angkat harus menjamin keamanan elemen balok dari kerusakan. Titik pengangkatan balok dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 3.15. Titik-titik angkat dan sokongan sementara untuk produk pracetak balok/kolom

Tabel 3.6. Angka pengali beban statis ekuivalen untuk menghitung gaya pengangkatan dan gaya dinamis

Pengangkatan dari bekisting	1,7
Pengangkatan ke tempat penyimpanan	1,2
Transportasi	1,5
Pemasangan	1,2

(Sumber : PCI Design Handbook, Precast and Prestress Concrete 6th Edition)

3.12.2. Perencanaan Tulangan Kolom

Setelah mendapatkan hasil perhitungan dari permodelan ETABS / SAP2000, didapatkan momen dan gaya axial yang terjadi

pada kolom tersebut. Gaya-gaya tersebut dijadikan input pada program bantu PCACOL untuk mendapatkan tulangan lentur. penulangan kolom akibat beban aksial tekan harus sesuai SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.5.1, Sedangkan untuk penulangan geser digunakan SNI 2847:-2013 Pasal 23.5.1 sebagai acuan.

3.12.2.1. Persyaratan *Strong Column Weak Beam*

Sesuai filosofi desain kapasitas, maka SNI 2847:2013 pasal 21.6.2 mensyaratkan bahwa,

$$\Sigma M_{n_c} \geq (1,2) \times \Sigma M_{n_b}$$

Dimana ΣM_{n_c} adalah momen kapasitas kolom dan ΣM_{n_b} merupakan momen kapasitas balok. Untuk M_{n_c} didapatkan dari gaya aksial terfaktor yang menghasilkan kuat lentur terendah, sesuai dengan arah gempa yang ditinjau guna mengontrol syarat strong coloumn weak beam. Setelah didapatkan jumlah tulangan kolom yang diperlukan, selanjutnya adalah mengontrol kapasitas kolom tersebut agar memenuhi persyaratan strong coloumn weak beam.

3.12.2.2. Titik Pengangkatan Pada Kolom Pracetak

Pemasangan kolom harus diperhatikan bahwa kolom akan mengalami proses pengangkatan sehingga perlu perencanaan terhadap tulangan angkat kolom dengan tujuan untuk menghindari tegangan yang disebabkan oleh fleksibilitas dari truk saat proses transportasi. Perencanaan titik pengangkatan pada kolom sama halnya dengan perencanaan titik angkat pada balok pracetak, mengacu pada *PCI Design Handbook, Precast and Prestress Concrete 6th Edition*.

3.12.3. Perencanaan Struktur Dinding Geser

3.12.3.1. Kuat Aksial Rencana

- Dihitung berdasarkan (SNI 03-2847-2013 pasal 14.5.2)

$$\phi P_{nw} = 0,55 \phi f' c . A_g \left[1 - \left(\frac{k . I_c}{32h} \right)^2 \right] \quad (3-25)$$

3.12.3.2. Pemeriksaan Tebal Dinding

- Tebal dinding dianggap cukup bila memenuhi (SNI 03-2847-2013, pasal 11.9.3.)

$$\phi x V_n = \phi \frac{5}{6} x \sqrt{f' c} . h . d \geq V_u \quad (3-26)$$

Dimana : d = 0,8 lw

3.12.3.3. Kuat Geser Beton

- Dihitung Menurut SNI 03-2847-2013, pasal 11.9.6.

$$V_c = 0,27 . \lambda . \sqrt{f' c} . h . d + \frac{N_u . d}{4lw} \quad (3-27)$$

Atau

$$V_c = [0,05 . \lambda . \sqrt{f' c} + \frac{lw(0,1 . \lambda . \sqrt{f' c} + 0,2 \frac{N_u}{lw . h})}{\frac{Mu}{Vu} - \frac{lw}{2}}] \quad (3-28)$$

Dimana :

lw = panjang keseluruhan dinding

Nu = positif untuk gaya tekan dan negatif untuk gaya tarik

$\frac{Mu}{Vu} - \frac{lw}{2}$ = jika nilai nya negatif, maka tidak dapat digunakan

3.12.3.4. Keperluan Penulangan Geser

- Penulangan geser dihitung berdasarkan (SNI 03-2847-2013, pasal 13.9.8.)

3.12.3.5. Penulangan Geser Horizontal

- Dihitung berdasarkan pada (SNI 03-2847-2013, pasal 11.9.9)

3.12.3.6. Penulangan Geser Vertical

- Dihitung berdasarkan SNI 03-2847-2002, pasal 11.9.9.4

3.12.4. Perencanaan Tulangan Pelat

3.12.4.1. Perhitungan Penulangan Lentur

Sistem pelat lantai pada tugas akhir ini adalah pelat lantai dua arah yang tertumpu pada keempat sisinya. Perhitungan tulangan pelat lantai ini digunakan SNI 2847 : 2013 sebagai acuan dengan menentukan nilai ρ min, ρ maks, dan ρ pakai yang perhitungannya sama dengan perhitungan penulangan pelat belok. Namun pada penulangan pelat terdapat batasan pada spacing tulangan yaitu :

- $S < 450 \text{ mm}$
- $S < 3h$

Dimana :

S = Jarak antar tulangan

h = Tebal Pelat

3.12.4.2. Perhitungan Tulangan Susut

Perhitungan kebutuhan tulangan susut merujuk pada peraturan SNI 2847:2013 Pasal 7.12.2.1. Luasan tulangan susut dan suhu harus menyediakan paling sedikit memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton sebagai berikut, tetapi tidak kurang dari 0,0014:

- a. Slab yang menggunakan batang tulangan ulir Mutu 280 atau 350 adalah 0,0020

- b. Slab yang menggunakan batang tulangan ulir atau tulangan kawat las Mutu 420 adalah 0,0018
- c. Slab yang menggunakan tulangan dengan tegangan leleh melebihi 420 MPa yang diukur pada regangan leleh sebesar 0,35 persen adalah $\frac{0,0018 \times 420}{f_y}$

3.12.4.3. Kontrol Retak Tulangan

Untuk menghindari retak-retak beton di sekitar baja tulangan, maka penggunaan tulangan lentur dengan kuat leleh melebihi 300 MPa perlu dilakukan kontrol terhadap retak sesuai SNI 2847:2013, Pasal 10.6.4.

3.12.4.4. Titik Angkat Pelat Pracetak

Pemasangan pelat pracetak harus diperhatikan bahwa pelat akan mengalami pengangkatan sehingga perlu perencanaan terhadap tulangan angkat untuk pelat dengan tujuan untuk menghindari tegangan yang disebabkan oleh fleksibilitas dari truk pengangkatan dalam proses transportasi kondisi yang demikian menyebabkan terjadinya momen-momen pada elemen pracetak. Pada proses pengangkatan dapat menggunakan bantuan balok angkat yang memiliki kegunaan untuk menyeimbangkan elemen pracetak pada saat pengangkatan. Jenis titik angkat pada pelat tersebut dijelaskan berikut ini :

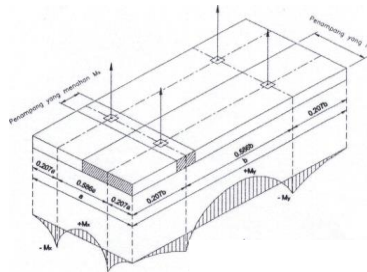
a. Dua Titik Angkat

Maksimum Momen (pendekatan) :

$$+M_x = -M_y = 0,0107 w a^2 b$$

$$+M_y = -M_x = 0,0107 w a b^2$$

- M_x ditahan oleh penampang dengan lebar yang terkecil dan $15t$ atau $b/2$
- M_y ditahan oleh penampang dengan lebar $a/2$



Gambar 3.16. Posisi titik angkat pelat (4 buah titik angkat)

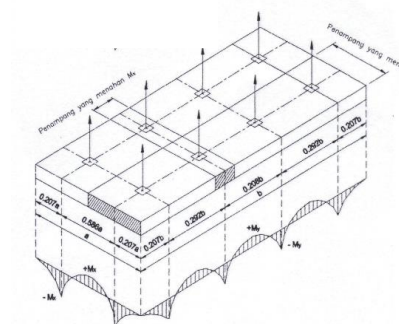
b. Empat Titik Angkat

Maksimum Momen (pendekatan) :

$$+M_x = -M_y = 0,0054 w a^2 b$$

$$+M_y = -M_x = 0,0027 w a b^2$$

- M_x ditahan oleh penampang dengan lebar yang terkecil dan $15t$ atau $b/4$
- M_y ditahan oleh penampang dengan lebar $a/2$



Gambar 3.17. Posisi titik angkat pelat (8 buah titik angkat)

(Sumber : *PCI Design Handbook, Precast and Prestress Concrete 6th Edition*)

3.13. Perencanaan Sambungan

Sambungan antar komponen pracetak tidak hanya berfungsi sebagai penyalur beban tetapi juga harus mampu secara efektif mengintegrasikan komponen-komponen tersebut sehingga struktur secara keseluruhan dapat berperilaku monolit. Menurut ACI 318-M14 pasal 18.9.2.1 sambungan daktail pada elemen pracetak yang tahan gempa harus memenuhi persyaratan berikut:

$$V_n \geq 2V_e$$

Dimana,

V_n = Kekuatan Geser Nominal

V_e = Kekuatan Geser actual

Sedangkan menurut ACI 318-M14 pasal 18.9.2.2 *Strong connection* pada elemen pracetak yang tahan gempa harus memenuhi persyaratan berikut :

$$\phi S_n \geq 1.4 S_e$$

dimana,

S_n = kekuatan lentur, geser, atau aksial momen sambungan

S_e = momen, geser, atau gaya aksial pada sambungan yang terkait dengan pembentukan kuat mungkin dilokasi leleh yang diharapkan.

Untuk sambungan kolom-kolom, harus memenuhi syarat berikut,

$$\phi M_n \geq 0.4 M_{pr}$$

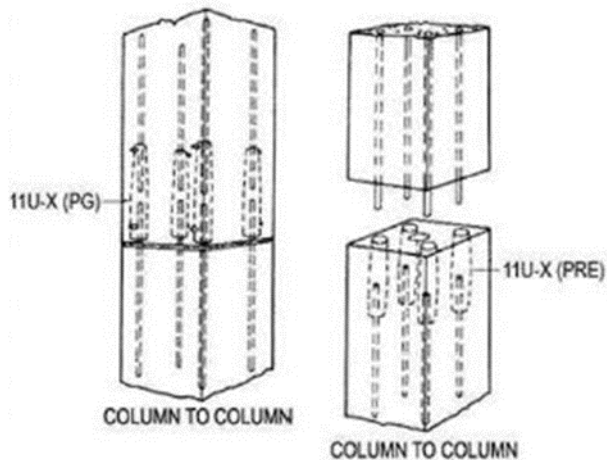
dimana,

M_n = kekuatan lentur nominal pada penampang

M_{pr} = Kekuatan lentur mungkin komponen struktur dengan atau tanpa beban aksial

3.13.1. Sambungan Base Plate - Kolom / Kolom – Kolom

Setelah dilakukan pemancangan dan pembuatan pile cap maka tulangan kolom dipasang bersamaan dengan pengecoran pile cap. Pada penyambungan antar kolom dengan dimensi berbeda pada dasarnya sama seperti pada proses penyambungan antar kolom dengan dimensi sama, hanya saja pada tulangan panjang penyaluran pada kondisi ini lebih dilakukan penyesuaian terhadap lubang kolom yg berada di atasnya. Untuk metode penyambungannya di sini penulis menggunakan referensi dari produk coupler sleeve dari NMB Splice Sleeve dan SS Mortar Sgrouting injection. Maka dari itu, sambungan pada kolom-kolom ini tetap diklasifikasikan dalam kategori sambungan basah (wet connection). Berikut adalah ilustrasi mengenai proses penyambungan antar kolom dengan menggunakan coupler sleeve dan inject grouting yang dapat dilihat pada gambar berikut.

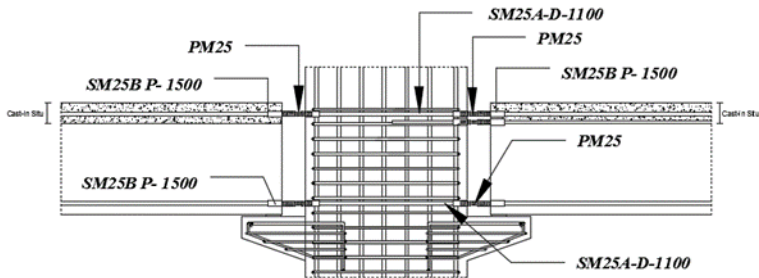


Gambar 3. 18. Pemasangan Sambungan Kolom

3.13.2. Sambungan Pada Balok - Kolom

Sambungan balok – kolom yang tahan terhadap gempa (seismic resistant) dapat menggunakan sambungan basah pada balok dan kolom pracetak dapat menggantikan sambungan monolit

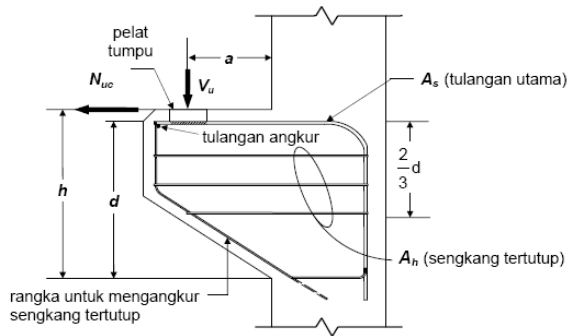
biasa (Nimse, Joshi and Patel, 2014) seperti pada gambar 3.9. Sambungan balok dengan kolom memanfaatkan panjang penyaluran pada tulangan balok. Tulangan balok nantinya akan diteruskan atau dikaitkan ke dalam kolom. Panjang penyaluran bagian bawah akan menerima tekan dan panjang penyaluran bagian atas akan menerima Tarik. Maka perhitungan panjang penyaluran dihitung dalam dua kondisi yaitu tekan dan tarik. Pada sambungan balok-kolom terdapat 2 kondisi yaitu sambungan single sided connection dan double sided connection. Dalam perencanaan sambungan ini akan digunakan produk sambungan dari Peikko group yaitu dengan menggunakan Modix Rebar Couplers.



Gambar 3.19. Detail Penulangan Balok-Kolom

Pada perancangan sambungan balok dan kolom ini menggunakan konsol pendek. Balok induk diletakkan pada konsol pendek pada kolom kemudian dirangkai menjadi satu kesatuan.

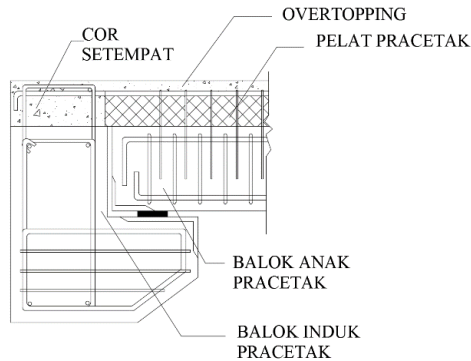
Perencanaan konsol berdasarkan SNI 2847:13 pasal 11.8 mengenai ketentuan khusus untuk konsol pendek.



Gambar 3.20. Parameter geometri konsol pendek

3.13.3. Sambungan Pada Balok Induk – Balok Anak

Balok anak diletakkan menumpu pada tepi balok induk dengan ketentuan panjang landasan adalah sedikitnya 1/180 kali bentang bersih komponen plat pracetak, tapi tidak boleh kurang dari 75 mm. Demikian dengan sambungan pada balok induk ke tangga Untuk membuat integritas struktur, maka tulangan utama balok anak baik yang tulangan atas maupun bawah dibuat menerus atau dengan kait standar yang pendetailannya sesuai dengan aturan SNI 2847:13 pasal 13.7.3. Dalam perancangan sambungan balok induk dengan balok anak digunakan konsol pada balok induk. Balok anak diletakkan pada konsol pendek pada balok induk, kemudian dirangkai menjadi satu kesatuan. Perencanaan konsol pada balok induk ini sama dengan perencanaan konsol pada kolom.



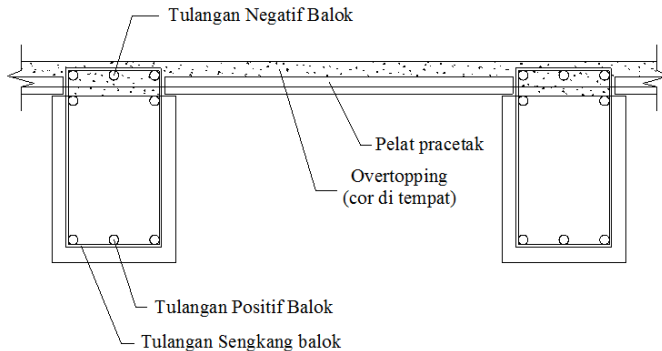
Gambar 3.21. Sambungan balok induk dengan balok anak

3.13.4. Sambungan Pada Balok – Pelat

Untuk mendapatkan sambungan yang memiliki sifat kaku, monolit, dan terintegrasi pada elemen-elemen ini, maka harus dipastikan gaya-gaya yang bekerja pada pelat pracetak dapat tersalurkan dengan baik pada elemen balok. Hal ini dapat dilakukan dengan cara-cara sebagai berikut :

- Kombinasi dengan beton cor di tempat (topping), dimana permukaan pelat pracetak dan beton pracetak dikasarkan dengan amplitudo 5 mm.
- Pendetailan tulangan sambungan yang dihubungkan atau diikat secara efektif menjadi satu kesatuan, sesuai dengan aturan yang diberikan.

- *Grouting* pada tumpuan atau bidang kontak antara pelat pracetak dengan balok pracetak.



Gambar 3.22. Sambungan Balok Induk dengan Pelat

3.14. Perencanaan Basement

Dinding pada basement harus di rancang agar kokoh dan kuat, mengingat fungsinya sebagai retaining wall (penahan beban tekanan tanah dan air). Namun pada tugas besar kali ini, dinding basement tidak dijadikan sebagai retaining wall, karena yang akan menahan beban tekanan tanah dan air adalah tiang pancang di sekeliling basement. Sehingga tekanan tanah dan air hanya akan membebani tiang pancang tersebut. Ketebalan dinding beton untuk basement berkisar antara 15-17.5 cm, bergantung pada kedalaman basement nya.

Struktur basement direncanakan menggunakan materian beton bertulang dengan cor dilokasi. Adapun persyaratan yang lain sebagai berikut :

- Pelat Lantai *Basement*

Elevasi air tanah diasumsikan pada kondisi yang paling berbahaya, yaitu sama dengan permukaan tanah. Penulangan pelat lantai basement dihitung sesuai dengan yang telah diatur dalam SNI 03-2847-2013.

3.15. Perencanaan Pondasi

Pada prosesnya, beban yang bekerja pada struktur atas akan ditransfer ke tanah melalui pondasi. Umumnya ada 2 macam pondasi yang sering dipakai dalam suatu konstruksi gedung, yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Pondasi dangkal pada umumnya digunakan untuk konstruksi gedung sederhana dengan beban standar dan bentang pendek. Beberapa contoh dari pondasi dangkal adalah pondasi tapak, pondasi rollag bata, pondasi batu kali, dan pondasi raft. Sedangkan untuk kasus konstruksi gedung tingkat tertentu menggunakan pondasi dalam, contohnya ialah pondasi tiang pancang dan pondasi *Bore Pile*.

Pondasi gedung pada tugas akhir ini direncanakan menggunakan tiang pancang beton pracetak. Perhitungan daya dukung tanah vertical menggunakan formula dari Luciano Decourt.

3.15.1. Daya Dukung Tiang Vertical

Luciano Decourt memberikan formula daya dukung tiang vertical sebagai berikut :

$$Q_L = Q_P + Q_S \quad (3-29)$$

$$q_p = N_p + K \quad (3-30)$$

$$Q_S = q_s A_s \quad (3-31)$$

$$Q_S = \left(\frac{N_s}{3} + 1 \right) A_s \quad (3-32)$$

3.15.2. Jumlah Tiang Pancang yang Diperlukan

Banyaknya kebutuhan tiang pancang yang akan digunakan pada perencanaan gedung ini berdasarkan pada rumusan berikut :

$$n = \frac{\sum Pu}{P_{ijin}} \quad (3-33)$$

$$S \geq \frac{1,57(D)\min - 2D}{m + n - 2} \quad (3-34)$$

- Efisiensi tiang

$$(\eta) = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 \times m \times n} \quad (3-35)$$

$$\text{Dimana, } \theta = \arctan \left(\frac{D}{S} \right)$$

$$P_{maks} = \frac{\Sigma Pu}{n} + \frac{M_y \times X_{\max}}{\Sigma x^2} + \frac{M_x \times Y_{\max}}{\Sigma y^2} \quad (3-36)$$

P_{ult} = Efisiensi tiang x P_u 1 tiang berdiri

- **Kontrol Kekuatan Tiang**

$$P_{ult} \geq P_{\text{perlu}}$$

$$P_{\text{perlu}} = P_{\text{maks}}$$

- **Kontrol Geser Ponds Pada Poer**

Dalam merencanakan tebal poer, harus memenuhi persyaratan bahwa kekuatan gaya geser nominal harus lebih besar dari geser ponds yang terjadi. Kuat geser yang disumbangkan beton diambil terkecil dari :

$$\blacksquare V_c = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \quad (3-37)$$

SNI 2847:13 pasal 11.11.12.1(a)

$$\blacksquare V_c = 0,083 \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \quad (3-38)$$

SNI 2847:13 pasal 11.11.12.1(b)

$$\blacksquare \quad V_c = 0,33\lambda\sqrt{f_c'b_o}d \quad (3-39)$$

SNI 2847:13 pasal 11.11.12.1(c)

Dimana :

β = rasio dari sisi panjang terhadap sisi pendek pada kolom

b_o = keliling pada penampang kritis pada poer = $2(b_{kolom}+d) + 2(h_{kolom}+d)$

$\alpha_s \rightarrow 30$, untuk kolom tepi

$\rightarrow 40$, untuk kolom tengah

$\rightarrow 20$, untuk kolom pojok

$\phi V_c > P_u$ "OK" (Ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser)

3.16. Gambar Teknis Hasil Perhitungan

Penggambaran hasil perencanaan dan perhitungan menggunakan *software* AutoCAD.

3.17. Jadwal Kegiatan

Merencanakan Kegiatan agar mempunyai acuan waktu untuk mengerjakan sesuai dengan jadwal yang telah direncanakan.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan...”

BAB IV

PEMBAHASAN

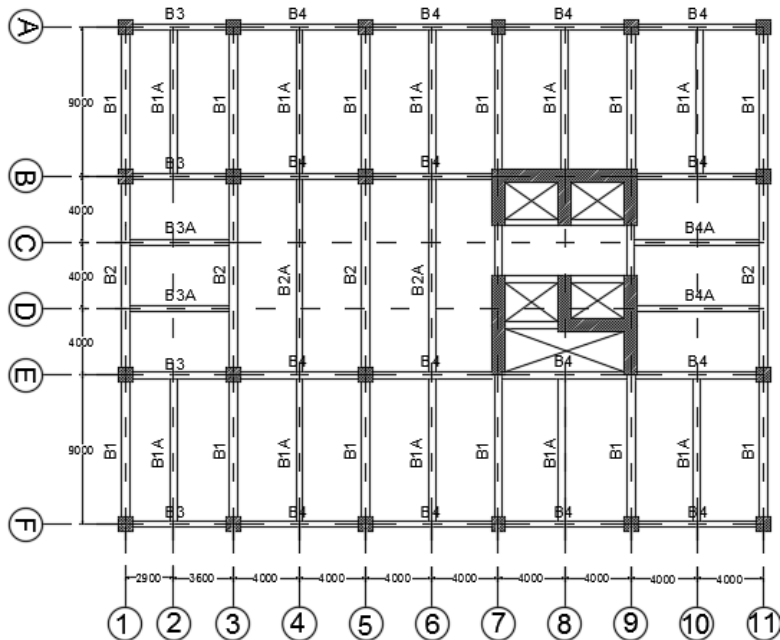
4.1. Preliminary Design

4.1.1. Umum

Preliminary desain merupakan proses perencanaan awal yang akan digunakan untuk merencanakan dimensi struktur gedung. Perencanaan awal dilakukan menurut peraturan yang ada. Preliminary desain yang dilakukan terhadap komponen struktur antara lain balok induk, balok anak, pelat, dan kolom. Sebelum melakukan preliminary baiknya dilakukan penentuan data perencanaan dan beban yang akan diterima oleh struktur gedung.

4.1.2. Data Perencanaan

Perencanaan Gedung Hotel Swiss-Belinn Darmo menggunakan beton bertulang pada keseluruhan struktur gedung. Data bangunan yang akan digunakan dalam pengerjaan Tugas Akhir yaitu:



Gambar 4. 1. Denah Gedung

1. Data Umum Bangunan

- Nama gedung : Gedung Hotel Swiss-Belinn Darmo
- Lokasi : Jl. Raya Darmo, Surabaya, Jawa Timur
- Fungsi : Hotel
- Jumlah lantai : 15
- Tinggi bangunan : $\pm 54,00$ m
- Total luas area : $\pm 1482,25$ m²
- Struktur utama : Struktur beton pracetak
- Atap : Beton Pracetak
- Tinggi Bangunan :
 - Lantai Basement – 1 : 3,10 m
 - Lantai Mezzanine – 2 : 4,00 m
 - Lantai 3 – 15 : 3,30 m

2. Data Bahan :

- Kekuatan tekan beton (f'_c) : 40 MPa
- Tegangan leleh baja (f_y) : 420 Mpa
- Data Tanah : (Lampiran)

4.1.3 Pembebanan

1. Beban Gravitasi

- Beban Mati
 - Beton bertulang : 2400 kg/m²
 - Dinding pasangan bata ringan
Hebel 60 x 20 x 10 : 65 kg/m²
 - Plafon + penggantung : 18 kg/m²
 - Tegel : 24 kg/m²
 - Spesi per cm tebal : 21 kg/m²
 - Aspal : 14 kg/m²
 - Ducting + Plumbing : 30 kg/m²
- Beban Hidup
 - Lantai Atap : 96 Kg/m²
 - Lantai Hotel : 192 Kg/m²
 - Lantai Basement : 192 Kg/m²

2. Beban Gempa

Perencanaan dan perhitungan struktur terhadap gempa berdasarkan SNI 1726:2012

4.1.4 Perencanaan Balok

4.1.4.1 Perencanaan Balok Induk

Penentuan tinggi balok minimum (h_{min}) dihitung berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.5.2.2. tabel 9.5(a). Tebal minimum balok non-prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung).

Tabel 4. 1. Tebal Minimum Balok Non-Prategang

Komponen struktur	Tebal minimum, h			
	Tertumpu sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
	Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat masif satu-arah	$\ell / 20$	$\ell / 24$	$\ell / 28$	$\ell / 10$
Balok atau pelat rusuk satu-arah	$\ell / 16$	$\ell / 18,5$	$\ell / 21$	$\ell / 8$
CATATAN: Panjang bentang dalam mm. Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan tulangan Mutu 420 MPa. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasikan sebagai berikut: (a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (<i>equilibrium density</i>), w_c , di antara 1440 sampai 1840 kg/m ³ , nilai tadi harus dikalikan dengan $(1,65 - 0,0003w_c)$ tetapi tidak kurang dari 1,09. (b) Untuk f_y selain 420 MPa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$.				

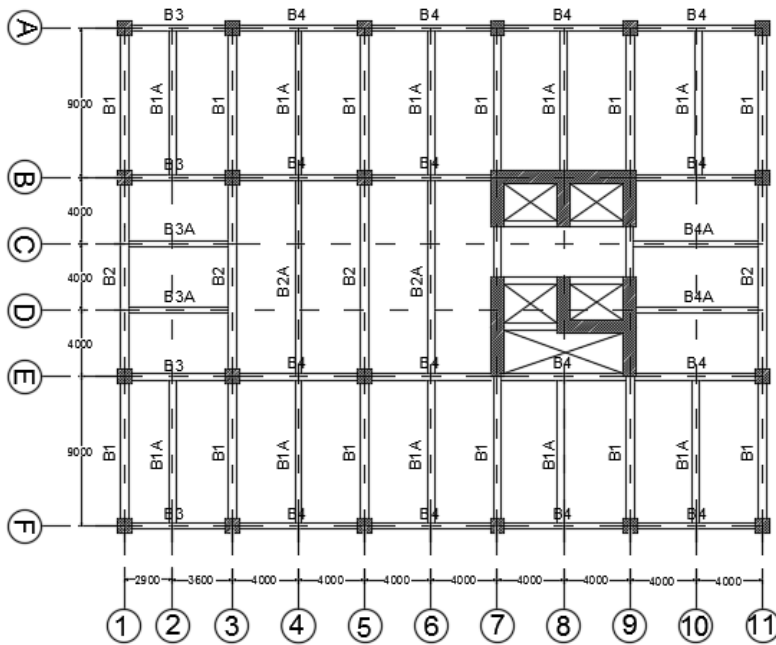
Dimensi balok induk direncanakan dengan :

$$h_{min} = \frac{L}{16}$$

$$b = \frac{2}{3}h$$

Dimana :

L = Panjang balok (m)
 h = Tinggi Balok (m)
 b = Lebar Balok (m)



Gambar 4. 2. Variasi Balok Induk Pada Gedung Swiss-Belinn

Perhitungan perencanaan balok induk :

- Balok Induk (B1), $L = 9 \text{ m}$

$$h_{min} = \frac{L}{16} = \frac{9}{16} = 0,56 \approx 0,6 \text{ m}$$

$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \times 0,6 = 0,4 \text{ m}$$

Dikarenakan bentang yang terlalu panjang, dan dalam perencanaan beton pracetak diutamakan bentuk elemen yang tipikal, maka digunakan dimensi balok induk (B1) 50/75 cm.

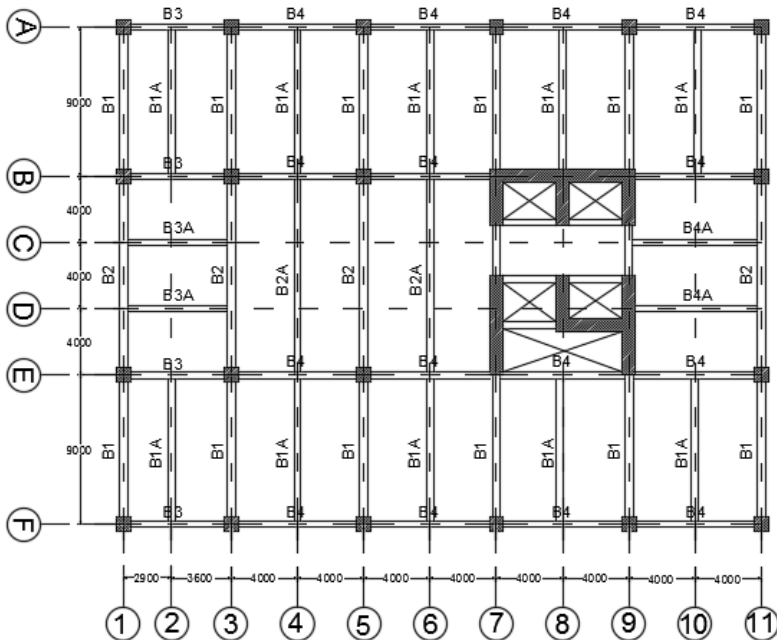
Berikut merupakan tabel rekapitulasi perhitungan dimensi balok induk menurut variasi bentang yang terdapat pada Tabel 4.2:

Tabel 4. 2. Rekapitulasi Perhitungan Dimensi Balok Induk

Balok Induk					
Tipe Balok	Bentang (m)	Dimensi Balok (m)		Dimensi Balok (cm)	
		b	h	b	h
B1	9	0.375	0.56	50	75
B2	12	0.50	0.75	50	75
B3	6.5	0.27	0.406	40	70
B4	8	0.33	0.50	40	70

4.1.4.2 Perencanaan Balok Anak

Perencanaan dimensi balok anak untuk mutu beton 40 Mpa dan mutu baja 420 MPa direncanakan sebagai balok pada dua tumpuan menerus, sehingga digunakan perumusan sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 9.5.2.2. tabel 9.5(a) yang dapat dilihat pada Tabel 4.1.



Gambar 4. 3. Variasi Balok Anak Pada Gedung Swiss-Belinn

Dimensi balok anak direncanakan dengan :

$$h_{min} = \frac{L}{21} = \frac{9}{21} = 0,43 \text{ m} \approx 0,45 \text{ m}$$

$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \times 0,43 = 0,28 \text{ m} \approx 0,3 \text{ m}$$

Dikarenakan bentang yang terlalu panjang, dan dalam perencanaan beton pracetak diutamakan bentuk elemen yang tipikal, maka digunakan dimensi balok anak (B1A) 40/55 cm.

Berikut merupakan tabel rekapitulasi perhitungan dimensi balok anak menurut variasi bentang yang terdapat pada Tabel 4.3 :

Tabel 4. 3. Rekapitulasi Perhitungan Dimensi Balok Anak

Balok Anak					
Tipe Balok	Bentang (m)	Dimensi Balok (m)		Dimensi Balok (cm)	
		b	h	b	h
B1A	9	0.2857	0.4285	40	55
B2A	12	0.3809	0.5714	40	55
B3A	6.5	0.2063	0.3095	40	55
B4A	8	0.2539	0.3809	40	55

4.1.5 Perencanaan Tebal Pelat

Perencanaan ini menggunakan perhitungan yang dibagi dalam dua jenis yaitu :

- Pelat satu arah, yaitu pelat yang rasio panjang dan lebarnya lebih dari atau sama dengan 2. Pada pelat satu arah, pembebanan yang diterima akan diteruskan pada balok-balok (pemikul bagian yang lebih panjang) dan hanya sebagian kecil saja yang akan diteruskan pada gelagar pemikul bagian yang lebih pendek.
- Pelat dua arah, yaitu pelat yang rasio panjang dan lebarnya kurang dari 2, sehingga besar pembebanan yang diterima diteruskan pada keseluruhan pemikul di sekeliling panel pelat tersebut.

Perhitungan dimensi pelat berdasarkan syarat lendutan, ketebalan minimum dari pelat harus memenuhi persyaratan SNI 2847:2013 pasal 9.5.3.3.

- Untuk $\alpha_m \leq 0,2$ menggunakan pasal 9.5.3.3
- Untuk $0,2 < \alpha_m < 2$ ketebalan minimum pelat harus memenuhi

$$h_1 = \frac{Ln \times (0,8 + \frac{fy}{1500})}{36 + 5\beta (\alpha_m - 0,2)}$$
 dan tidak boleh kurang dari 120 mm
- Untuk $\alpha_m \geq 2$ ketebalan minimum pelat harus memenuhi

$$h_2 = \frac{L_n \times (0,8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 9\beta} \text{ dan tidak boleh kurang dari 90 mm}$$

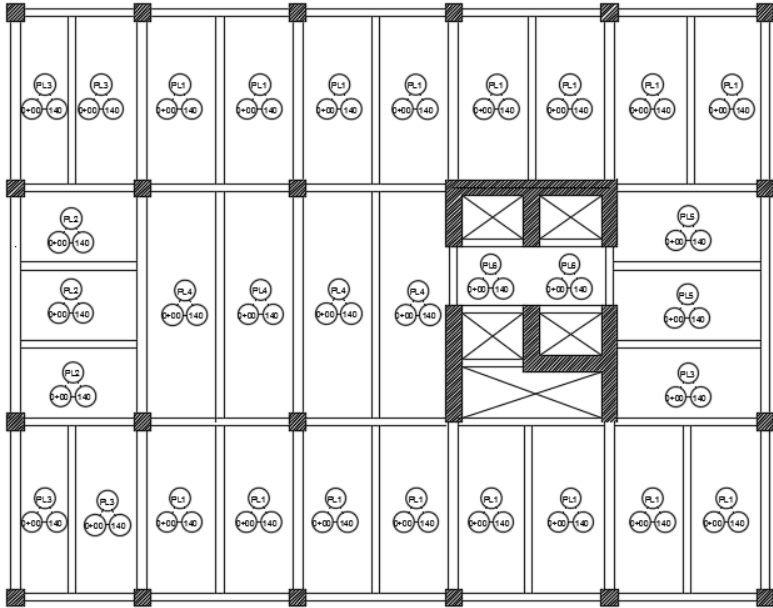
Dimana :

- L_n = Panjang bentang bersih
- S_n = Lebar bentang bersih
- F_y = Tegangan leleh baja
- β = Rasio bentang bersih dalam arah memanjang terhadap arah memendek dari pelat 2 arah
- α_m = Nilai rata-rata α untuk semua balok pada tepi-tepi dari suatu panel

4.1.5.1 Data Perencanaan Tebal Pelat Lantai

Pelat yang direncanakan pada bangunan ini memiliki spesifikasi sebagai berikut:

- Mutu beton : 40 Mpa
- Mutu baja : 420 Mpa
- Rencana tebal pelat lantai dan atap : 14 cm



Gambar 4. 4. Variasi Pelat Pada Gedung Hotel Swiss-Belinn Darmo

4.1.5.2 Perhitungan Tebal Pelat

Direncanakan 1 tipe pelat lantai dan pelat atap pracetak (Type 2) dengan data perencanaan sebagai berikut :

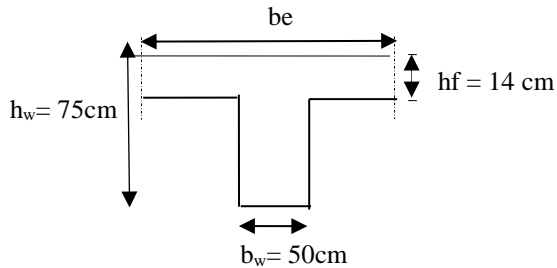
- Dimensi Pelat : 400 x 650 cm
- Tebal Pelat Rencana : 14 cm

$$L_n = 650 - \left(\frac{50+50}{2}\right) = 600 \text{ cm}$$

$$S_n = 400 - \left(\frac{40+40}{2}\right) = 360 \text{ cm}$$

$$\beta = \left(\frac{L_n}{S_n}\right) = \left(\frac{600}{360}\right) = 1.67 < 2 \text{ (Pelat 2 Arah)}$$

➤ Balok B2 :



Perhitungan lebar efektif :

a. $be = bw + 2 \times (hw - hf)$

$$be = 50 + 2 \times (75 - 14)$$

$$be = 172$$

b. $be = bw + 8 \times hf$

$$be = 50 + 8 \times 14$$

$$be = 162$$

c. $be = \frac{1}{4} \times L$

$$be = \frac{1}{4} \times 360$$

$$be = 90 \text{ (menentukan)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1 \right) \left(\frac{hf}{hw} \right) \left[4 - 6 \left(\frac{hf}{hw} \right) + 4 \left(\frac{hf}{hw} \right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1 \right) \left(\frac{hf}{hw} \right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1 \right) \left(\frac{hf}{hw} \right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{90}{50} - 1\right) \left(\frac{14}{75}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{14}{75}\right) + 4 \left(\frac{14}{75}\right)^2 + \left(\frac{90}{50} - 1\right) \left(\frac{14}{75}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{90}{50} - 1\right) \left(\frac{14}{75}\right)}$$

$$k = 1.452$$

$$I_{balok} = \frac{1}{12} \times k \times b \times h^3$$

$$I_{pelat} = b_s \times \frac{t^3}{12}$$

$$I_{balok} = \frac{1}{12} \times 1,452 \times 50 \times 75^3$$

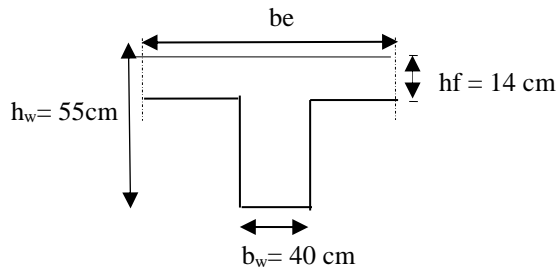
$$I_{pelat} = 400 \times \frac{14^3}{12}$$

$$I_{balok} = 2220213,227 \text{ cm}^4$$

$$I_{pelat} = 91466,67 \text{ cm}^4$$

$$\alpha_m = \frac{I_{balok}}{I_{pelat}} = \frac{2220213,227}{91466,67} = 24,27$$

➤ Balok B3A



Perhitungan lebar efektif :

a. $b_e = b_w + 2 \times (h_w - h_f)$

$$\begin{aligned} be &= 40 + 2 \times (55 - 14) \\ &= 122 \text{ (menentukan)} \end{aligned}$$

b. $be = bw + 8 \times hf$

$$be = 40 + 8 \times 14$$

$$be = 152$$

c. $be = 1/4 \times L$

$$be = 1/4 \times 600$$

$$be = 150$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1 \right) \left(\frac{hf}{hw} \right) \left[4 - 6 \left(\frac{hf}{hw} \right) + 4 \left(\frac{hf}{hw} \right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1 \right) \left(\frac{hf}{hw} \right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1 \right) \left(\frac{hf}{hw} \right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{122}{40} - 1 \right) \left(\frac{14}{55} \right) \left[4 - 6 \left(\frac{14}{55} \right) + 4 \left(\frac{14}{55} \right)^2 + \left(\frac{122}{40} - 1 \right) \left(\frac{14}{55} \right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{122}{40} - 1 \right) \left(\frac{14}{55} \right)}$$

$$k = 2,443$$

$$I_{balok} = \frac{1}{12} \times k \times b \times h^3$$

$$I_{balok} = \frac{1}{12} \times 2,443 \times 40 \times 55^3$$

$$I_{balok} = 890354,13 \text{ cm}^4$$

$$I_{pelat} = bs \times \frac{t^3}{12}$$

$$I_{pelat} = 650 \times \frac{14^3}{12}$$

$$I_{pelat} = 148633,33 \text{ cm}^4$$

$$\alpha_m = \frac{I_{balok}}{I_{pelat}} = \frac{890354,13}{148633,33} = 5,99$$

Jadi α_m rata rata adalah

$$\alpha_m = \frac{2x(5,99 + 24,27)}{4} = 15,13$$

Sehingga harus memenuhi persyaratan SNI 2847:2013 pasal 9.5 ,

$$\begin{aligned} h_{\min} &= \frac{L_n(0,8 + f_y / 1400)}{36 + 9\beta} \\ &= \frac{600(0,8 + 420 / 1400)}{36 + 9(1.67)} \\ &= 12,94 \text{ cm} > 14 \text{ cm (ok)} \end{aligned}$$

Sehingga direncanakan tebal pelat lantai dan pelat atap menggunakan tebal 14 cm.

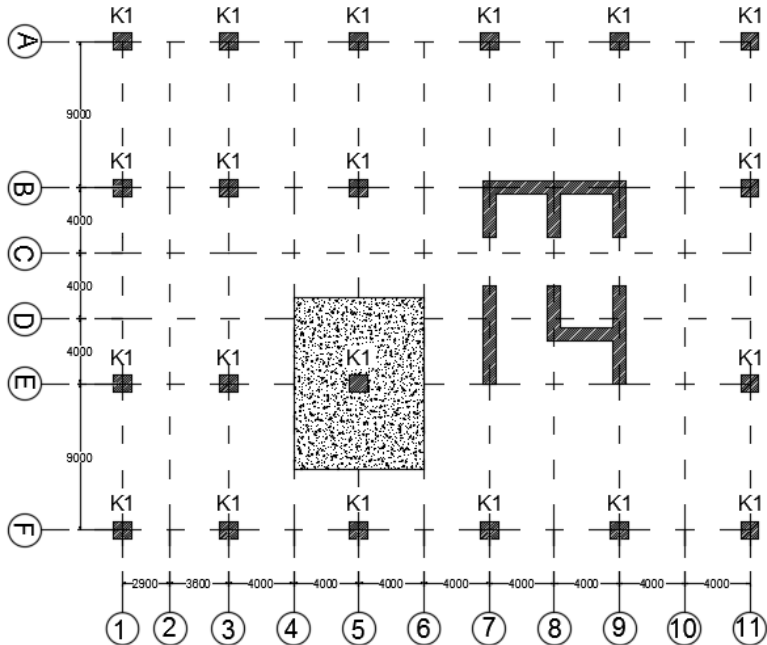
Dari cara perhitungan di atas, didapatkan rekapitulasi tebal pelat pada tabel di bawah ini :

Tabel 4. 4. Rekapitulasi Tebal Pelat Lantai dan Atap

Tipe Pelat	Dimensi (cm)					Tipe Arah	Tebal (cm)	Tebal Perencanaan (cm)
	p (cm)	l (cm)	Ln (cm)	Sn (cm)	β			
Tipe 1	400	900	860	355	2.42	1	20	14
Tipe 2	400	650	600	360	1.67	2	14	
Tipe 3	360	900	860	315	2.73	1	18	
Tipe 4	400	1200	1160	355	3.27	1	20	
Tipe 5	400	800	755	360	2.10	1	20	
Tipe 6	300	400	360	260	1.38	2	9	

4.1.6 Perencanaan Kolom

Kolom yang direncanakan harus mampu memikul beban aksial terfaktor yang bekerja pada semua lantai atau atap dan momen maksimum dari beban terfaktor pada satu bentang terdekat dari lantai atau atap yang ditinjau.



Gambar 4. 5. Kolom yang ditinjau Sebagai Desain Awal

Pada Gambar 4.5, terlihat kolom yang akan direncanakan memikul beban pada luasan pelat ukuran 10,5 x 8 meter dari seperempat masing-masing luasan pelat yang diatasnya.

Direncanakan :

Tebal Pelat : 14 cm

Tinggi lantai basement : 310 cm

Tinggi tiap lantai 1-2 : 400 cm

Tinggi tiap lantai 3-atap : 330 cm

Pembebanan pada kolom berdasarkan SNI 1727 : 2013 untuk beban mati dan beban hidup, yang diberikan di setiap lantai sebagai perencanaan pembebanan kolom. Untuk efisiensi dan keefektifan dimensi struktur dibuat beberapa variasi kolom. Diambil satu dimensi kolom yang berbeda setiap 5 lantainya.

Untuk beban hidup kolom diijinkan untuk beban hidup tereduksi berdasarkan SNI 1727:2013 pasal 4,8 dengan syarat komponen struktur yang memiliki $KLL \cdot AT \geq 37,16 \text{ m}^2$ dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$ATT = 10,5 \text{ m} \times 8 \text{ m} = 84 \text{ m}^2$$

$$KLL = 4$$

$$KLL \times ATT = 4 \times 84 \text{ m}^2 = 336 \text{ m}^2 \geq 37,16 \text{ m}^2 \text{ (OK)}$$

- Reduksi beban hidup pelat lantai atap

$$R1 = 0,6 \text{ (untuk } AT \geq 55,74 \text{ m}^2)$$

$$R2 = 1$$

$$Lr = Lo \cdot R1 \cdot R2 = 0,58 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Syarat} = 0,58 \leq Lr \leq 0,96$$

- Reduksi beban hidup pelat lantai apartment

$$Lo = 1,92 \text{ kN/m}^2$$

$$L = 1,92 \left(0,25 + \frac{4,57}{\sqrt{KLL \times AT}} \right) \geq 0,4 \times Lo$$

$$L = 1,92 \left(0,25 + \frac{4,57}{\sqrt{336}} \right) \geq 0,4 \times Lo$$

$$L = 0,9587 \text{ kN/m}^2 \geq 0,77 \text{ kN/m}^2$$

Berikut adalah tabel pembebanan pada kolom yang ditinjau sebagai desain awal :

Tabel 4.5 Beban Total yang diterima Kolom Atap-11

KOLOM LANTAI ATAP-11							
PELAT ATAP							
Beban Mati	Berat Sendiri	b	l	t	Lantai	Berat	Satuan
Pelat Lantai Atap	2400	10.5	8	0.14	1	28224	kg
Plafon + Penggantung	18	10.5	8 -		1	1512	kg
Spesi (2 cm)	42	10.5	8 -		1	3528	kg
Aspal	14	10.5	8 -		1	1176	kg
Balok B1 =	2400	4.5	0.50	0.75	1	4050	kg
Balok B2 =	2400	6	0.50	0.75	1	5400	kg
Balok B4 =	2400	8	0.40	0.70	1	5376	kg
Ducting + Plumbing	30	10.5	8 -		1	2520	kg
WD						51786	kg
Beban Hidup							
Lantai Atap	58	10.5	8 -		-	4872	Kg
WL						4872	Kg
Pelat Lantai 14-11							
Beban Mati	Berat Sendiri	b	l	t	Lantai	Berat	Satuan
Pelat Lantai	2400	10.5	8	0.14	4	112896	kg
Plafon + Penggantung	18	10.5	8 -		4	6048	kg
Tegel	24	10.5	8 -		4	8064	kg
Spesi (2 cm)	42	10.5	8 -		4	14112	kg
Dinding Batu Bata	65	18.5	-	3.3	4	15873	kg
Ducting + Plumbing	30	10.5	8 -		4	10080	kg
Balok B1 =	2400	4.5	0.50	0.75	4	16200	kg
Balok B2 =	2400	6	0.50	0.75	4	21600	kg
Balok B4 =	2400	8	0.35	0.50	4	13440	kg
WD						218313	kg
Beban Hidup							
Lantai Hotel	95.8682764	10.5	8 -		4	32211.7409	kg
WL						32211.7409	kg
WD Total						270099	kg
WL Total						37083.7409	kg

Jadi berat total yang diterima satu kolom:

$$W = (1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL})$$

$$W = 383452,8 \text{ Kg}$$

$$F_c' = 40 \text{ Mpa} = 400 \text{ kg/cm}^2$$

$$A = \frac{W}{\phi \times f_c'}$$

$$A = \frac{383452,8}{\frac{1}{3} \times 400}$$

$$A = 2875,896 \text{ cm}^2$$

Direncanakan :

$$b = h$$

$$b = \sqrt{2875,96}$$

$$b = 54 \text{ cm}$$

$$h = 54 \text{ cm}$$

Maka direncanakan kolom yang digunakan untuk atap – lantai 11 adalah 60 /60 cm .

Tabel 4.6 Beban yang diterima Kolom Lantai 10-6

Pelat Lantai 10-6							
Beban Mati	Berat Sendiri	b	l	t	Lantai	Berat	Satuan
Pelat Lantai	2400	10.5	8	0.14	5	141120	kg
Plafon + Penggantung	18	10.5	8 -		5	7560	kg
Tegel	24	10.5	8 -		5	10080	kg
Spesi (2 cm)	42	10.5	8 -		5	17640	0
Dinding Batu Bata	65	18.5 -		3.3	5	19841.25	0
Ducting + Plumbing	30	10.5	8 -		5	12600	0
Balok B1 =	2400	4.5	0.5	0.75	5	20250	kg
Balok B2 =	2400	6	0.5	0.75	5	27000	kg
Balok B4 =	2400	8	0.35	0.5	5	16800	kg
WD						272891.25	kg

Beban Hidup	Berat Sendiri	b	l	t	Lantai	Berat	Satuan
Lantai Hotel	95.8682764	10.5	8	-	5	40264.6761	kg
WL						40264.6761	kg
WD Total						272891.25	kg
WL Total						40264.6761	kg

Jadi berat total yang diterima satu kolom:

$$W = (1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL})$$

$$W = 789202,6 \text{ Kg}$$

$$F_c' = 40 \text{ Mpa} = 400 \text{ kg/cm}^2$$

$$A = \frac{W}{\phi \times f_c'}$$

$$A = \frac{789202,6}{\frac{1}{3} \times 400}$$

$$A = 5919,019 \text{ cm}^2$$

Direncanakan :

$$b = h$$

$$b = \sqrt{5919,019}$$

$$b = 77 \text{ cm}$$

$$h = 77 \text{ cm}$$

Maka direncanakan kolom yang digunakan untuk lantai 10 – lantai 6 adalah 85 / 85 cm.

Tabel 4.7 Beban yang diterima Kolom Lantai 10-6

Pelat Lantai 5 - basement							
Beban Mati	Berat Sendiri	b	l	t	Lantai	Berat	Satuan
Pelat Lantai	2400	10.5	8	0.14	6	169344	kg
Plafon + Penggantung	18	10.5	8 -		6	9072	kg
Tegel	24	10.5	8 -		6	12096	kg
Spesi (2 cm)	42	10.5	8 -		6	21168	kg
Dinding Batu Bata	65	18.5 -		21	1	25252.5	kg
Ducting + Plumbing	30	10.5	8 -		6	15120	0
Balok B1 =	2400	4.5	0.5	0.75	6	24300	kg
Balok B2 =	2400	6	0.5	0.75	6	32400	kg
Balok B4 =	2400	8	0.35	0.5	6	20160	kg
WD						328912.5	kg
Beban Hidup							
Lantai Hotel	95.8682764	10.5	8 -		6	48317.6113	kg
WL						48317.6113	kg
WD Total						328912.5	kg
WL Total						48317.6113	kg

Jadi berat total yang diterima satu kolom:

$$W = (1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL})$$

$$W = 1289380 \text{ Kg}$$

$$F_c' = 40 \text{ Mpa} = 400 \text{ kg/cm}^2$$

$$A = \frac{W}{\phi \times f_c'}$$

$$A = \frac{1289380}{\frac{1}{3} \times 400}$$

$$A = 9670,353 \text{ cm}^2$$

Direncanakan :

$$b = h$$

$$b = \sqrt{9670,353}$$

$$b = 99 \text{ cm}$$

$$h = 99 \text{ cm}$$

Maka direncanakan kolom yang digunakan untuk lantai 10 – lantai 6 adalah 110/110 cm.

4.1.7 Perencanaan Dinding Geser

Menurut SNI 2847:2013 pasal 14.5.3.(1), ketebalan dinding pendukung tidak boleh kurang dari $1/25$ tinggi atau panjang bentang tertumpu, yang lebih pendek atau kurang dari 100 mm. Direncanakan:

- Tebal rencana dinding geser : 40 cm
 - Panjang bentang : 400 cm
 - Tinggi lantai : 400 cm
- $$40 \text{ cm} \geq H / 25 = 400/25 = 160 \text{ cm (OK)}$$
- $$40 \text{ cm} \geq L / 25 = 400/25 = 160 \text{ cm (OK)}$$

Jadi, tebal shearwall sebesar 30 cm telah memenuhi syarat SNI 2847:2013 pasal 14.5.3.1.

4.2 Metode Pelaksanaan

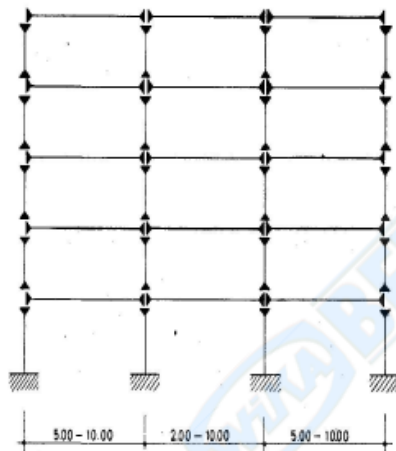
Pekerjaan konstruksi beton pracetak merupakan bagian dari metode konstruksi modern saat ini. Inovasi metode pelaksanaan pekerjaan yang efektif dan efisien tanpa mengurangi kemampuan struktur merupakan salah satu permintaan yang besar. Metode pelaksanaan merupakan komponen penting yang tidak bisa dipisahkan dalam desain struktur pracetak. Sebelum direncanakan, harus terlebih dahulu diketahui apakah struktur yang nantinya dibangun bisa direalisasikan. Metode pelaksanaan ini merupakan uraian mengenai komponen dan material-material pendukung yang digunakan dalam pelaksanaan metode beton pracetak.

4.2.1 Sistem Struktur

Berbeda dengan bangunan gedung yang proses konstruksinya menggunakan proses tradisional, bangunan yang menggunakan teknologi beton pracetak memerlukan perencanaan lebih detail, dimulai dari proses perancangan arsitektur, perancangan struktur, proses transportasi, hingga proses pelaksanaan dilapangan. System struktur yang dipakai pada kebanyakan bangunan lebih ditentukan oleh proses produksi di pabrik, proses transportasi, dan proses pelaksanaan dilapangan.

4.2.1.1 Struktur Rangka dengan Sambungan Antar Kolom di Setiap Lantai

Dalam tugas akhir ini, system struktur yang digunakan ialah sambungan antar kolom diletakkan di setiap lantai. Tujuannya ialah mempermudah pada tahap erection sehingga tidak membutuhkan alat beraat dengan kapasitas besar. System struktur ini sesuai untuk bangunan gedung dengan ketinggian antara 10 meter – 60 meter.



Gambar 4. 6. Sistem struktur rangka kolom sambungan setiap satu lantai

4.2.2 Metode Erection

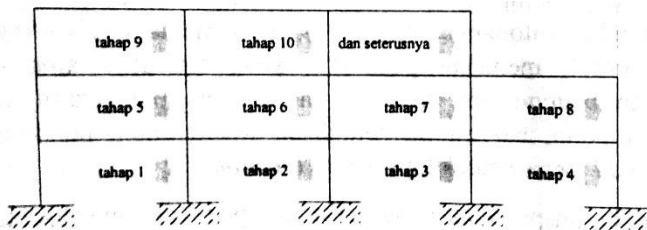
Proses penyatuan komponen beton pracetak menjadi satu kesatuan bangunan yang utuh dipengaruhi oleh beberapa factor, antara lain :

- System struktur bangunan.
- Jenis alat sambung yang digunakan.
- Kapasitas alat angkat crane yang tersedia.
- Kondisi lapangan.

Metode yang dapat digunakan dapat dibedakan menjadi dua, yaitu metode vertical dan metode horizontal. Namun, dalam tugas akhir ini penulis akan menggunakan metode horizontal.

4.2.2.1 Metode Horizontal

Penyatuan komponen beton pracetak dengan metode horizontal adalah proses erection yang pelaksanaannya tiap satu lantai (arah horizontal bangunan). Metode ini digunakan untuk struktur bangunan yang terdiri dari komponen kolom precast dengan sambungan pada tempat-tempat tertentu. Sambungan pada metode ini tidak harus segera dapat berfungsi sehingga tersedia waktu yang cukup untuk penerasan beton. Sambungan yang cocok untuk metode ini adalah cor ditempat.



Gambar 4. 7.. Metode erection arah horizontal

4.2.3 Pengangkatan dan Peralatan Erection

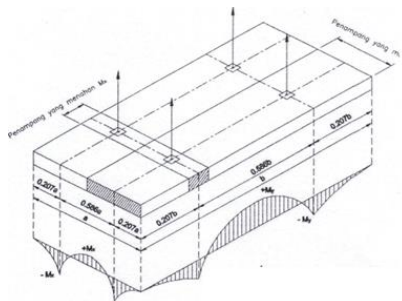
4.2.3.1 Pengangkatan Elemen Pracetak

Dalam perencanaan bangunan yang menggunakan metode pracetak dibutuhkan metode pengangkatan saat erection. Hal ini sangat penting dijadikan perhatian karena proses rection sangat berpengaruh dalam perencanaan menggunakan metode pracetak.

➤ Pengangkatan pelat pracetak

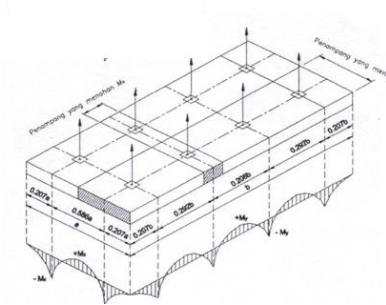
Pemasangan pelat / dinding pracetak harus diperhatikan bahwa pelat akan mengalami pengangkatan sehingga perlu perencanaan terhadap tulangan angkat untuk pelat / dinding dengan tujuan untuk menghindari tegangan yang disebabkan oleh fleksibilitas dari truk pengangkut dalam perjalanan menuju lokasi proyek. Kondisi tersebut menyebabkan terjadinya momen-momen pada elemen pracetak. Pada saat pengangkatan elemen pracetak, dapat menggunakan bantuan balok angkat yang berfungsi untuk menyeimbangkan elemen pracetak pada saat pengangkatan. Jenis titik angkat pada pelat tersebut dijelaskan berikut ini :

- Dua Titik Angkat



Gambar 4. 8. Dua Titik Angkat Pada Pelat Pracetak

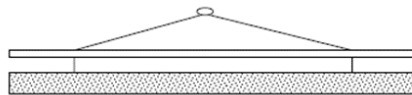
- Empat Titik Angkat



Gambar 4. 9. Empat Titik Angkat Pada Pelat Pracetak

➤ Pengangkatan Balok Pracetak

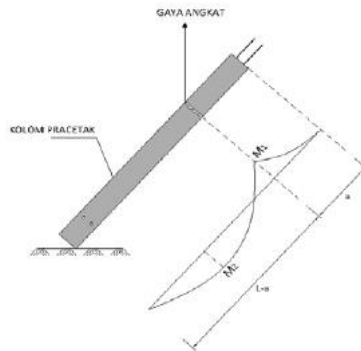
Kondisi pertama adalah saat pengangkatan balok untuk dipasang pada tumpuannya. Pada kondisi ini beban yang bekerja adalah berat sendiri balok pracetak yang ditumpu oleh angkur pengangkatan yang menyebabkan terjadinya momen pada tengah bentang dan pada tumpuan. Ada dua hal yang harus ditinjau dalam kondisi ini, yaitu kekuatan angkur pengangkatan (lifting anchor) dan kekuatan lentur penampang beton pracetak.



Gambar 4. 10. Pengangkatan Pada Elemen Balok

➤ Pengangkatan Kolom Pracetak

Kondisi yang perlu diperhatikan saat proses pengangkatan kolom pracetak adalah saat kolom pracetak dalam posisi miring, karena hal ini dapat menyebabkan momen pada bentang kolom.



Gambar 4. 11. Pengangkatan pada Elemen Kolom

4.2.3.2 Peralatan Erection

Elemen struktur pracetak pada masing masing komponen diperitungkan yang paling berat, adalah sebagai berikut :

1. Balok Induk 50/75 ($L = 12$ m)
 $W = 0,5 \times (0,75 - 0,14) \times 12 \times 2,4 = 8,784$ ton
2. Pelat
 Ukuran Pelat 4×2 ($t = 9$ cm)
 $W = 4 \times 2 \times 0,09 \times 2,4 = 1,728$ ton
3. Kolom
 Kolom terbesar yaitu kolom 110/110 cm (tinggi 3,3 m)
 $W = 1,1 \times 1,1 \times 2,4 \times 33 = 9,58$ ton

Maka dari itu dibutuhkan kapasitas crane yang mampu mengangkat beban maksimum dari keseluruhan elemen beton pracetak yaitu kolom pracetak sebesar 9.58 ton. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam penganagkatan elemen pracetak antara lain:

- a. Kemampuan maksimum crane yang digunakan.
- b. Metode pengangkatan
- c. Letak titik-titik angkat pada elemen pracetak

Hal – hal tentang pengangkatan dan penentuan titik angkat telah dibahas pada bab – bab sebelumnya. Dalam perencanaan ini memakai peralatan 2 buah tower crane untuk mengangkat elemen pracetak di lapangan. Untuk pemilihan tower crane harus disesuaikan antara kemampuan angkat crane dengan berat elemen pracetak.

- Jenis Tower Crane Tipe QTZ250(7032)
- Jarak jaungkau maksimum yang direncanakan 30 m dengan beban maksimum 9,6 ton
- Towe crane yang digunakan 1 buah

4.2.4 Transportasi Elemen Beton Pracetak

System transportasi disini meliputi :

1. Pemindahan beton pracetak di area pabrik.
2. Pemindahan dari pabrik ke tempat penampungan di proyek.
3. Pemindahan dari penampungan sementara di proyek ke posisi akhir.

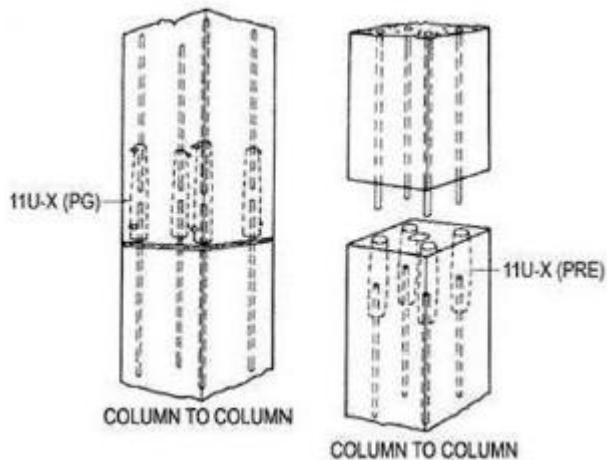
Tahap pemindahan komponen beton pracetak dari lokasi pabrikasi ke areal proyek diperlukan sarana angkut seperti truk tunggal, tandem, atau temple. Truk yang biasa digunakan untuk pengangkutan berukuran lebar 2,4 m x 16 m atau 2,4 m x 18 m dengan kapasitas angkut kurang lebih 50 ton.

4.2.5 Metode Pekerjaan Elemen Beton Pracetak

4.2.5.1 Pemasangan Elemen Kolom Pracetak

Setelah dilakukan pemancangan dan pembuatan pile cap maka tulangan kolom dipasang bersamaan dengan pengecoran pile cap. Pada penyambungan antar kolom dengan dimensi berbeda pada dasarnya sama seperti pada proses penyambungan antar kolom dengan dimensi sama, hanya saja pada tulangan panjang

penyaluran pada kondisi ini lebih dilakukan penyesuaian terhadap lubang kolom yg berada di atasnya. Untuk metode penyambungannya di sini penulis menggunakan referensi dari produk *coupler sleeve* dari **NMB Splice Sleeve** dan **SS Mortar Sgrouting injection**. Maka dari itu, sambungan pada kolom-kolom ini tetap diklasifikasikan dalam kategori sambungan basah (wet connection). Berikut adalah ilustrasi mengenai proses penyambungan antar kolom dengan menggunakan coupler sleeve dan inject grouting yang dapat dilihat pada gambar berikut.

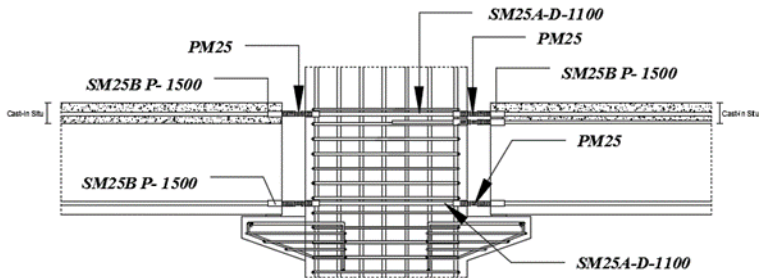


Gambar 4. 12. Pemasangan Sambungan Kolom

4.2.5.2 Pemasangan Elemen Balok Induk

Sambungan balok dengan kolom memanfaatkan panjang penyaluran pada tulangan balok. Tulangan balok nantinya akan diteruskan atau dikaitkan ke dalam kolom. Panjang penyaluran bagian bawah akan menerima tekan dan panjang penyaluran bagian atas akan menerima Tarik. Maka perhitungan panjang penyaluran dihitung dalam dua kondisi yaitu tekan dan tarik. Pada sambungan balok-kolom terdapat 2 kondisi yaitu sambungan

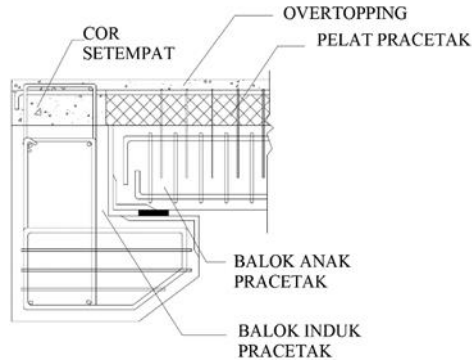
single sided connection dan *double sided connection*. Dalam perencanaan sambungan ini akan digunakan produk sambungan dari *Peikko group* yaitu dengan menggunakan *Modix Rebar Couplers*.



Gambar 4. 13. Pemasangan Sambungan Balok Induk-Kolom

4.2.5.3 Pemasangan Elemen Balok Anak

Dalam perancangan sambungan balok induk dengan balok anak digunakan konsol pada balok induk. Balok anak diletakkan pada konsol pendek pada balok induk, kemudian dirangkai menjadi satu kesatuan. Perencanaan konsol pada balok induk ini sama dengan perencanaan konsol pada kolom. Sedangkan, tulangan utama balok anak baik yang tulangan atas maupun bawah dibuat menerus atau dengan kait standar yang pendetailannya sesuai dengan aturan SNI. Dalam perencanaan sambungan ini akan digunakan produk sambungan dari *Peikko group* yaitu dengan menggunakan *Modix Rebar Couplers*.

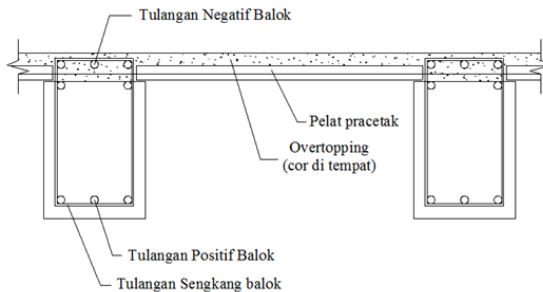


Gambar 4. 14. Pemasangan Sambungan Balok Induk-Balok Anak

4.2.5.4 Pemasangan Elemen Pelat

Pemasangan pelat pracetak di atas balok induk dan balok anak sesuai dengan dimensi pelat yang sudah ditentukan. Pemasangan tulangan bagian atas, baik tulangan tumpuan maupun tulangan lapangan untuk pelat, balok anak dan balok induk.

Setelah semua tulangan terpasang, kemudian dilakukan pengecoran pada bagian atas balok anak dan balok induk yang berfungsi sebagai topping atau penutup bagian atas. Selain itu topping juga berfungsi untuk merekatkan komponen pelat, balok anak, dan balok induk agar menjadi satu kesatuan (komposit). Hal ini diperkuat dengan adanya tulangan panjang penyaluran pada masing – masing komponen pelat, balok anak, dan balok induk.



Gambar Gambar 4. 15. Pemasangan Sambungan Pelat Pracetak

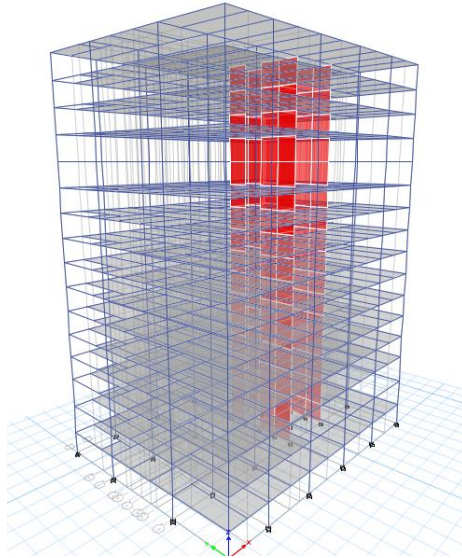
4.3 Pembebanan dan Analisa Struktur

4.3.1 Umum

Dalam perencanaan gedung bertingkat perlu dilakukan adanya perencanaan pembebanan gravitasi maupun pembebanan gempa. Hal ini bertujuan agar struktur gedung tersebut mampu untuk memikul beban yang terjadi. Pembebanan gravitasi mengacu pada ketentuan SNI 2847:2013 dan pembebanan gempa mengacu pada SNI 1726:2012.

4.3.2 Permodelan Struktur

Dalam perhitungan analisis beban gempa perlu suatu permodelan struktur, dimana struktur Gedung Hotel Swiss Belinn Darmo memiliki bentuk yang tidak beraturan, sehingga harus dilakukan analisa dengan menggunakan analisa respon dinamik. Struktur Gedung Hotel Swiss Belinn Darmo dalam tugas akhir ini dimodifikasi sehingga memiliki total lantai, 15 lantai dengan 1 lantai basement, tinggi total gedung ± 54 meter (Gambar 4.15).



Gambar 4. 16. Permodelan pada ETABS

4.3.3 Pembebanan Gravitasi

Data-data perencanaan pembebanan Gedung Hotel Swiss Belinn Darmo yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Input beban sendiri

Mutu Beton (f_c') : 40 Mpa

Mutu Baja (f_y) : 420 Mpa

Ketinggian lantai

- Basement – Lt. 1 : 3,1 meter

- Lt 1 – 2 : 4 meter

- Lt 2 – Atap : 3,3 meter

Dimensi Balok

- Balok Induk Memanjang : 50 x 75 cm

- Balok Induk Melintang : 40 x 70 cm

- Balok Anak : 40 x 55 cm

Tebal Pelat : 14 cm

Dimensi Kolom

- Lantai Basement – lantai 5 : 60 x 60 cm
- Lantai 6 – lantai 10 : 85 x 85 cm
- Lantai 11- lantai atap : 110 x 110 cm

- Input beban hidup

Lantai Hotel : 143,74 Kg/m²

Lantai Atap : 58 Kg/m²

- Input beban mati tambahan (superdead)

Plafon + penggantung : 18 kg/m²

Tegel : 24 kg/m²

Spesi per cm tebal : 21 kg/m²

Aspal : 14 kg/m²

Ducting + Plumbing : 30 kg/m²

Sehingga didapatkan rekap pembebanan gravitasi secara manual seperti pada Tabel 4.8 :

Tabel 4. 8. Rekapitulasi Pembebanan

Lantai Atas							
Beban Mati	Berat Sendiri	b	l	t	Lantai	Berat	Satuan
Balok Memanjang 50/75	2400	0.5	156	0.75	1	140400	kg
Balok Melintang 40/70	2400	0.4	175	0.7	1	117600	kg
Balok Anak 40/55	2400	0.4	145.9	0.55	1	77035.2	kg
Pelat Lantai Atas	2400	30	38.5	0.14	1	388080	kg
SuperDead	104	30	38.5	-	1	120120	kg
WD						843235.2	kg
Beban Hidup	Berat Sendiri	b	l	t	Lantai	Berat	Satuan
Lantai Atas	58	30	38.5	-	1	66990	Kg
WL						66990	Kg
Lantai 1,3-14							
Beban Mati	Berat Sendiri	b	l	t	Lantai	Berat	Satuan
Balok Memanjang 50/75	2400	0.5	156	0.75	13	1825200	kg
Balok Melintang 40/70	2400	0.4	175	0.7	13	1528800	kg
Balok Anak 40/55	2400	0.4	145.9	0.55	13	1001457.6	kg
Pelat Lantai hotel	2400	30	38.5	0.14	13	4646940.48	kg
SuperDead	114	30	38.5	-	13	1576640.52	
WD						10579038.6	kg
Beban Hidup	Berat Sendiri	b	l	t	Lantai	Berat	Satuan
Lantai Hotel	192	30	38.5	-	13	2655394.56	Kg
WL						2655394.56	Kg
Lantai Mezzanine							
Beban Mati	Berat Sendiri	b	l	t	Lantai	Berat	Satuan
Balok Memanjang 50/75	2400	0.5	138	0.75	1	124200	kg
Balok Melintang 40/70	2400	0.4	175	0.7	1	117600	kg
Balok Anak 40/55	2400	0.4	118.9	0.55	1	62779.2	kg
Pelat Lantai hotel	2400	30	38.5	0.14	1	261092.16	kg
Superdead	114	30	38.5	-	1	88584.84	
WD						654256.2	kg
Beban Hidup	Berat Sendiri	b	l	t	Lantai	Berat	Satuan
Lantai Hotel	192	30	38.5	-	1	149195.52	Kg
WL						149195.52	Kg

Lantai 2							
Beban Mati	Berat Sendiri	b	l	t	Lantai	Berat	Satuan
Balok Memanjang 50/75	2400	0.5	156	0.75	1	140400	kg
Balok Melintang 40/70	2400	0.4	175	0.7	1	117600	kg
Balok Anak 40/55	2400	0.4	145.9	0.55	1	77035.2	kg
Pelat Lantai hotel	2400	30	38.5	0.14	1	333668.16	kg
SuperDead	114	30	38.5	-	1	113208.84	
WD						781912.2	kg
Beban Hidup	Berat Sendiri	b	l	t	Lantai	Berat	Satuan
Lantai Hotel	192	30	38.5	-	1	190667.52	Kg
WL						190667.52	Kg

Tabel 4. 9. Hasil Pembebanan pada ETABS

TABLE: Base Reactions						
Load Case /Combo	FX kN	FY kN	FZ kN	MX kN-m	MY kN-m	MZ kN-m
D + L	0	0	192505.6	2905022	-3743754	-8.65E-06

Tabel 4.10. Kontrol Pembebanan Gravitasi

Kontrol Wt		
Jenis Beban	Beban	Satuan
Kolom	2077020	kg
ShearWall	1866240	Kg
Beban Mati	16801702.2	Kg
Beban Hidup	3062247.6	Kg
Super Dead	1898554.2	Kg
D+L	19863949.8	Kg
Kontrol	3.186353186	ok

Pembebanan yang diinput pada ETABS haruslah mendekati perhitungan manual ($\pm 5\%$) sehingga pembebanan pada ETABS dapat dinyatakan benar. Berikut merupakan rasio selisih

pembebanan gravitasi yang didapat dari ETABS dan Manual (Tabel 4.10).

Didapatkan dari tabel *base reaction* hasil analisa program bantu ETABS berat sebesar 192505,6 kN. Dan perhitungan secara manual sebesar 198639.5 kN.

Sehingga didapatkan rasio selisih sebagai berikut:

$$\text{Rasio} = \left(\frac{198639,5}{192505,6} - 1 \right) \times 100\%$$

$$= 3,186 \%$$

Jadi dapat dikatakan bahwa pembebanan gravitasi pada ETABS sudah benar.

4.3.4 Pembebanan Gempa Dinamis

Pembebanan gempa dengan mengacu pada SNI 1726:2012, yang di dalamnya terdapat ketentuan dan persyaratan perhitungan beban gempa.

4.3.4.1 Faktor Keutamaan Gempa

Faktor keutamaan gempa ditentukan dari jenis pemanfaatan gedung sesuai dengan kategori resiko pada peraturan. Kategori resiko untuk gedung Hotel yaitu II dengan faktor keutamaan gempa (I_e) 1.

4.3.4.2 Kelas Situs

Kelas situs ditentukan berdasarkan data tanah yang didapat dari proses pengumpulan data. Pada proyek pembangunan gedung Hotel Swiss Belinn Darmo didapatkan berdasarkan nilai N_{ch} (tes NSPT) = 25.133 ($15 < N_{ch} < 50$), termasuk dalam kelas situs SD (Tanah Sedang).

4.3.4.3 Parameter Respon Spectral dan Percepatan Spectral Desain

Sebagai input data pada ETABS, diperlukan data Percepatan Respon Spektrum (MCE). Data percepatan respon spektrum diambil dari website puskim.pu.go.id.

Dari website tersebut didapatkan data pada lokasi Surabaya dengan kelas situs SD (Tanah Sedang) seperti pada tabel berikut.

Tabel 4.11 Parameter Respon Spectral dan ercepatan Spectral Desain

Variabel	Nilai
ss	0.663
s1	0.247
Fa	1.2696
Fv	1.906
Sms	0.841745
SM1	0.470782
SDS	0.561163
SD1	0.313855

4.3.4.4 Kategori Desain Seismik

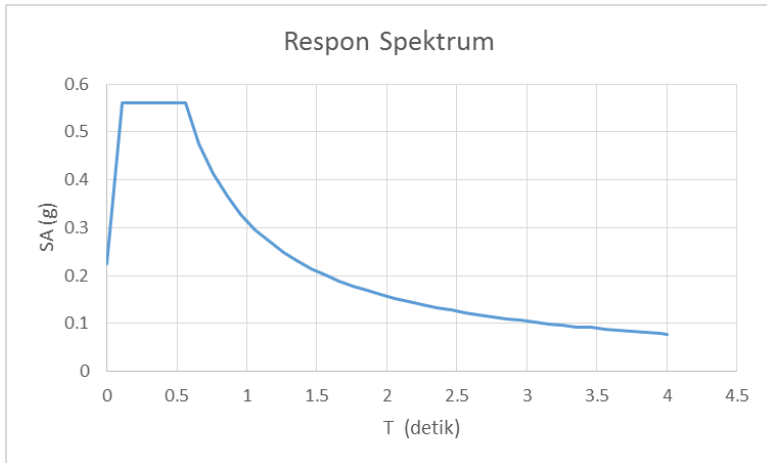
Kategori desain seismic dibagi berdasarkan tabel pada SNI 1726:2012 Tabel 6. Untuk SDS sebesar 0,561 dan SD1 sebesar 0,314 dan kategori resiko II kategori desain seismic tergolong kategori D. Pada tugas akhir ini, sistem struktur menggunakan Sistem Ganda yaitu Dinding Geser Beton Bertulang dan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SPRMK).

4.3.4.5 Periode Fundamental dan Respon Spektrum Desain

Untuk periode fundamental dan Respon Spektrum Desain didapat data dari website puskim.pu.go.id seperti pada tabel berikut:

Tabel 4. 12 Nilai Periode Fundamental (T) dan Percepatan Respon Spektra

Respon Spektrum			
T (detik)	SA (g)		
0	0.224	2.159293	0.145
0.1118586	0.561	2.259293	0.139
0.559293	0.561	2.359293	0.133
0.659293	0.476	2.459293	0.128
0.759293	0.413	2.559293	0.123
0.859293	0.365	2.659293	0.118
0.959293	0.327	2.759293	0.114
1.059293	0.296	2.859293	0.11
1.159293	0.271	2.959293	0.106
1.259293	0.249	3.059293	0.103
1.359293	0.231	3.159293	0.099
1.459293	0.215	3.259293	0.096
1.559293	0.201	3.359293	0.093
1.659293	0.189	3.459293	0.091
1.759293	0.178	3.559293	0.088
1.859293	0.169	3.659293	0.086
1.959293	0.16	3.759293	0.084
2.059293	0.152	3.859293	0.081
		3.959293	0.079
		4	0.078



Gambar 4. 17. Grafik Respon Spektrum Desain

4.3.4.6 Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental

$$T = T_a \times C_u$$

T_a = periode fundamental pendekatan

Berdasarkan SNI 1726:2012 kontrol waktu getar alami fundamental adalah:

$$T_a = C_t \times h_n^x$$

Nilai C_t dan x didapatkan dari tabel 15 SNI 1726:2012.

Tipe struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan menegakkan rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa.		
Rangka baja pemikul momen	0,0724 ^a	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466 ^a	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 ^a	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 ^a	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488 ^a	0,75

Gambar 4. 18. Nilai C_t dan x

Sehingga didapatkan nilai C_t dan x sebagai berikut :

$$\begin{aligned} T_a &= C_t \times h_n^x = 0,0466 \times 50,9^{0,9} \\ &= 1,6136 \text{ s} \end{aligned}$$

Periode fundamental struktur, T , tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung (C_u) dari tabel 4.2 SNI 1726:2012. ($T_a < T < C_u.T_a$)

Dari nilai $SD1 = 0,314$, didapatkan koefisien $C_u = 1,4$. Maka nilai $C_u.T_a$ dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} C_u.T_a &= 1,4 \times 1,6136 \\ &= 2,25904 \text{ s} \end{aligned}$$

Nilai T yang didapat dari program bantu ETABS seperti pada Tabel 4.13, berikut :

Tabel 4. 13. Periode Fundamental

TABLE: Modal Periods and Frequencies					
Case	Mode	Period	Frequency	Circular Frequency	Eigenvalue
		sec	cyc/sec	rad/sec	rad ² /sec ²
Modal	1	1.625	0.615	3.8658	14.9441
Modal	2	1.244	0.804	5.0516	25.5191
Modal	3	1.061	0.943	5.9242	35.0966
Modal	4	0.54	1.851	11.629	135.233
Modal	5	0.336	2.98	18.7236	350.5716
Modal	6	0.307	3.255	20.453	418.3254
Modal	7	0.293	3.407	21.4099	458.3829
Modal	8	0.193	5.182	32.5597	1060.1346
Modal	9	0.161	6.208	39.0073	1521.57
Modal	10	0.148	6.747	42.3911	1797.0095
Modal	11	0.144	6.952	43.682	1908.1208
Modal	12	0.113	8.865	55.7014	3102.6465

T terbesar yang didapat dari analisa ETABS = 1.625 s, sehingga didapatkan :

$$T_a < T < T_{Cu.Ta}$$

$$1,6136 < 1,625 < 2,25904 \text{ (OK!)}$$

Dapat disimpulkan bahwa perioda fundamental struktur dapat dipakai.

4.3.4.7 Kontrol Gaya Geser Dasar (*Base Shear*)

Koefisien respons seismik, C_s , harus ditentukan sesuai dengan SNI 1726:2012 pasal 7.8.1.1. Nilai R yang dipakai yaitu R untuk sistem ganda dengan Rangka Beton Bertulang Pemikul Momen Khusus dan Dinding Geser Beton Bertulang Khusus = 7. (SNI 1726:2012 Tabel 9)

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

Dimana:

$$S_{DS} = 0,5612$$

$$I_e = 1$$

$$R = 7$$

$$C_s = \frac{0,5612}{\left(\frac{7}{1}\right)} = 0,0802$$

Dan nilai C_s tidak lebih dari:

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

Dimana:

$$S_{D1} = 0,314$$

$$I_e = 1$$

$$R = 7$$

$$T = 1,625$$

$$C_s = \frac{0,314}{1,625 \left(\frac{7}{1}\right)} = 0,027592$$

Dan nilai C_s tidak kurang dari:

$$C_s = 0,044 \cdot S_{DS} \cdot I_e \geq 0,01$$

$$C_s = 0,044 \cdot 0,562 \cdot 1 = 0,0247 \geq 0,01$$

Maka nilai C_s diambil 0,0276

Untuk perhitungan gempa faktor reduksi beban hidup untuk gedung hotel Swiss Belinn sebesar 0,5 (SNI 1726:2012), sehingga didapatkan berat seismic efektif bangunan (W) sebagai berikut (Tabel 4.14):

Tabel 4. 14. Berat Seismik Bangunan Hasil ETABS

Berat Seismik Bangunan Hasil Etabs						
TABLE: Base Reactions						
Load	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
Case/Comb	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
D + 0.5 L	0	0	177194.4	2675883	-3451795	-7.88E-06

Gaya geser yang telah didapatkan dari perhitungan di atas akan didistribusikan secara vertikal ke masing-masing lantai sesuai dengan SNI 1726:2012.

$$V = C_s \cdot W$$

Dimana:

$$C_s = 0,0276$$

$$W = 177194,4 \text{ kN}$$

$$V = C_s \times W$$

$$= 0,0276 \times 177194,4 = 4889,079 \text{ kN}$$

Jika kombinasi respons untuk geser dasar ragam (V_t) lebih kecil 85 persen dari geser dasar yang dihitung (V) menggunakan prosedur gaya lateral ekuivalen, maka gaya harus dikalikan dengan $0,85 \cdot V/V_t$ (SNI 1726:2012 Pasal 7.9.4.1). Dari hasil analisa struktur menggunakan program bantu ETABS didapatkan gaya geser dasar ragam (V_t) sebagai berikut (Tabel 4.15):

Tabel 4. 15. Berat Seismik Bangunan Hasil ETABS V_x & V_y

Berat Seismik Bangunan Hasil Etabs						
TABLE: Base Reactions						
Load	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
Case/Comb	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
Gempa X Max	4238.416	2284.203	0	76350.18	141502.8	67909.04
Gempa Y Max	2337.756	3900.512	0	134748.3	79167.22	113620.4

$$V = 4889,079 \text{ kN}$$

$$V_x = 4238,416 \text{ kN}$$

$$V_y = 3900,512 \text{ kN}$$

Maka untuk arah x,

$$V_{xt} > 0,85 \cdot V$$

$$4238,416 \text{ kN} > 0,85 \times 4889,079 \text{ kN}$$

$$4238,416 \text{ kN} > 4155,717 \text{ kN} \text{ (OK!)}$$

Maka untuk arah y,

$$V_{yt} > 0,85 \cdot V$$

$$3900,512 \text{ kN} > 0,85 \times 4889,079 \text{ kN}$$

$$3900,512 \text{ kN} < 4155,717 \text{ kN} \text{ (Not OK!)}$$

Oleh karena itu, untuk memenuhi persyaratan SNI 1726:2012 Pasal 7.9.4.1, maka gaya geser tingkat nominal akibat gempa rencana struktur gedung hasil analisis harus dikalikan dengan faktor skala $0,85V/V_t$.

Arah x:

$$\frac{0,85 V}{V_{xt}} = \frac{4155,717}{4238,416} = 0,98$$

Arah y:

$$\frac{0.85 V}{V_{yt}} = \frac{4155.717}{3900.512} = 1,07$$

Setelah didapatkan faktor skala untuk masing-masing arah pembebanan, selanjutnya dilakukan analisa ulang struktur dengan mengalikan skala faktor yang diperoleh di atas pada scale factor untuk Define Respons Spectra. Kemudian dilakukan running ulang pada program analisis. Hasil dari running ulang tersebut adalah sesuai Tabel 4.16.

Tabel 4. 16. Berat Seismik Bangunan Hasil ETABS Vx & Vy Baru

TABLE: Base Reactions						
Load	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
Case/Comb	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
Gempa X Max	4662.262	2512.621	0	83985.11	155653.2	74699.88
Gempa Y Max	2571.527	4290.555	0	148222.9	87083.78	124982.2

$$V = 4889,079 \text{ kN}$$

$$V_x = 4662,262 \text{ kN}$$

$$V_y = 4290,555 \text{ kN}$$

Maka untuk arah x,

$$V_{xt} > 0,85 \cdot V$$

$$4662,262 \text{ kN} > 0,85 \times 4889,079 \text{ kN}$$

$$4662,262 \text{ kN} > 4155,717 \text{ kN} \text{ (OK!)}$$

Maka untuk arah y,

$$V_{yt} > 0,85 \cdot V$$

$$4290,555 \text{ kN} > 0,85 \times 4889,079 \text{ kN}$$

$$4290,555 \text{ kN} > 4155,717 \text{ kN} \text{ (OK!)}$$

Ternyata hasil dari running ulang tersebut sudah memenuhi persyaratan SNI 1726:2012 Pasal 7.9.4.1. Selanjutnya geser dasar ragam hasil running ulang tersebut akan digunakan sebagai beban gempa desain.

4.3.4.8 Kontrol Dual System

Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) harus memikul minimum 25% dari beban geser nominal total yang bekerja dalam arah kerja beban gempa tersebut. Berikut total reaksi perletakan SRPM dan shearwall (Tabel 4.17).

Tabel 4. 17. Kontrol Sistem Ganda

Pemikul Gaya Geser	Gempa X		Gempa Y	
	Fx	%	Fy	%
Shearwall	3425.041	74.25%	2340.503	74.05%
SRPM	1187.786	25.75%	992.117	25.95%
Total	4612.826	100.00%	3332.62	100.00%

Dari hasil perhitungan diatas, dapat dilihat bahwa persentase total dari SRPM memiliki nilai lebih besar dari 25%, sehingga konfigurasi struktur gedung telah memenuhi syarat sebagai struktur dual system.

4.3.4.9 Kontrol Partisipasi Massa

Sesuai dengan SNI 1726:2012, Perhitungan respons dinamik struktur harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa dalam menghasilkan respon total sekurang kurangnya adalah 90% (Tabel 4.18).

Tabel 4. 18. Total Partisipasi Massa

TABLE: Modal Load Participation Ratios				
Case	Item Type	Item	Static	Dynamic
			%	%
Modal	Acceleration	UX	99.97	91.94
Modal	Acceleration	UY	99.97	92.07
Modal	Acceleration	UZ	0	0

Dari tabel diatas didapatkan bahwa dalam penjumlahan respon ragam menghasilkan respon total telah mencapai 90% untuk arah X dan arah Y. maka ketentuan menurut SNI 1726:2012 pasal 7.9.1 terpenuhi.

4.3.4.10 Kontrol Drift

Kinerja batas layan struktur gedung sangat ditentukan oleh simpangan antar tingkat akibat pengaruh gempa rencana. Dimaksudkan untuk menjaga kenyamanan penghuni, mencegah kerusakan non-struktur, membatasi peretakan beton yang berlebihan.

Tabel 4. 19. Batas Simpangan Gedung

Struktur	Kategori risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat.	$0,025 h_{sx}$ ^a	$0,020 h_{sx}$	$0,015 h_{sx}$
Struktur dinding geser kantilever batu bata ^a	$0,010 h_{sx}$	$0,010 h_{sx}$	$0,010 h_{sx}$
Struktur dinding geser batu bata lainnya	$0,007 h_{sx}$	$0,007 h_{sx}$	$0,007 h_{sx}$
Semua struktur lainnya	$0,020 h_{sx}$	$0,015 h_{sx}$	$0,010 h_{sx}$

^a h_{sx} adalah tinggi tingkat di bawah tingkat x.

Berikut merupakan drift ijin yang didapat dari perhitungan di atas.

$$\begin{aligned}\delta_{ijin} &= 0,020 \times h_{sx} \\ &= 0,020 \times 3100 = 62 \text{ mm (Lantai 1)}\end{aligned}$$

$$\delta_{ijin} = 0,020 \times h_{sx}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,020 \times 4000 = 80 \text{ mm (Lantai Mezzanine - 2)} \\
 \delta_{ijin} &= 0,020 \times h_{sx} \\
 &= 0,020 \times 3300 = 66 \text{ mm (Lantai 3 - Atap)}
 \end{aligned}$$

Lalu dilanjutkan mencari δ_i dengan cara perhitungan sebagai berikut:

$$\delta_i = \frac{Drift \times Cd}{I_e} ; Cd = 5,5 \text{ (SNI 1726 : 2012, Tabel 9)}$$

Dari hasil perhitungan ETABS, didapatkan drift dan δ_i sesuai dengan SNI 1726:2012 seperti pada Tabel 4.20.

Tabel 4. 20.. Kontrol Simpangan

TABLE: Story Drifts							
Story	Load Case/Combo	Direction	Max Drift	Avg Drift	δi	$\delta izin$	Ket.
			mm	mm	mm	mm	
Lantai Atap	Envelope Max	X	1.923	1.796	9.878	66	ok
Lantai Atap	Envelope Max	Y	0.931	0.666	3.663	66	ok
Lantai 14	Envelope Max	X	2.104	1.973	10.8515	66	ok
Lantai 14	Envelope Max	Y	1.128	0.856	4.708	66	ok
Lantai 13	Envelope Max	X	2.222	2.048	11.264	66	ok
Lantai 13	Envelope Max	Y	1.382	1.046	5.753	66	ok
Lantai 12	Envelope Max	X	2.354	2.122	11.671	66	ok
Lantai 12	Envelope Max	Y	1.636	1.22	6.71	66	ok
Lantai 11	Envelope Max	X	2.488	2.2	12.1	66	ok
Lantai 11	Envelope Max	Y	1.93	1.41	7.755	66	ok
Lantai 10	Envelope Max	X	2.39	2.126	11.693	66	ok
Lantai 10	Envelope Max	Y	1.786	1.334	7.337	66	ok
Lantai 9	Envelope Max	X	2.421	2.149	11.8195	66	ok
Lantai 9	Envelope Max	Y	1.895	1.44	7.92	66	ok
Lantai 8	Envelope Max	X	2.448	2.143	11.7865	66	ok
Lantai 8	Envelope Max	Y	2.019	1.534	8.437	66	ok
Lantai 7	Envelope Max	X	2.462	2.119	11.6545	66	ok
Lantai 7	Envelope Max	Y	2.135	1.613	8.8715	66	ok
Lantai 6	Envelope Max	X	2.431	2.062	11.341	66	ok
Lantai 6	Envelope Max	Y	2.239	1.683	9.2565	66	ok
Lantai 5	Envelope Max	X	2.318	1.941	10.6755	66	ok
Lantai 5	Envelope Max	Y	2.199	1.656	9.108	66	ok
Lantai 4	Envelope Max	X	2.224	1.837	10.1035	66	ok
Lantai 4	Envelope Max	Y	2.192	1.653	9.0915	66	ok
Lantai 3	Envelope Max	X	2.089	1.682	9.251	66	ok
Lantai 3	Envelope Max	Y	2.148	1.601	8.8055	66	ok
Lantai 2	Envelope Max	X	2.246	1.751	9.6305	80	ok
Lantai 2	Envelope Max	Y	2.413	1.763	9.6965	80	ok
Lantai Mezzar	Envelope Max	X	1.591	1.224	6.732	80	ok
Lantai Mezzar	Envelope Max	Y	1.798	1.287	7.0785	80	ok
Lantai 1	Envelope Max	X	0.472	0.369	2.0295	62	ok
Lantai 1	Envelope Max	Y	0.551	0.378	2.079	62	ok

Maka dapat disimpulkan bahwa berdasarkan simpangan yang terjadi searah sumbu X maupun Y memenuhi persyaratan berdasarkan SNI 1726:2012.

4.3.4.11 Analisa Eksentrisitas

Antara pusat massa dan pusat rotasi lantai tingkat harus ditinjau suatu eksentrisitas rencana *ed* sesuai dengan ketentuan SNI 1726:2012 pasal 7.8.4.2 dengan jarak sama dengan 5% dimensi struktur tegak lurus terhadap arah gaya yang diterapkan.

- $e_x = e_{0x} + (0,05 B_x)$
- $e_y = e_{0y} + (0,05 B_y)$

dimana:

- e_{0x} dan e_{0y} adalah eksentrisitas bawaan gedung
- $0,05 B_x$ dan $0,05 B_y$ adalah eksentrisitas tak terduga
- B_x adalah panjang gedung arah x
- B_y adalah panjang gedung arah y

Berdasarkan hasil dari ETABS maka didapatkan eksentrisitas pada Tabel 4.21

Tabel 4. 21. Eksentrisitas Aktual terhadap Pusat Massa dan Pusat Rotasi

Eksentrisitas Aktual										
Lantai	Xcm (m)	Ycm (m)	Xcr (m)	Ycr (m)	ex (m)	ey (m)	0.05 bx	0.05 by	Kontrol	
									x	y
Lantai Atap	19.3723	15.0554	22.5691	18.5398	3.1968	3.4844	1.925	1.5	ok	ok
Lantai 14	19.5878	14.9996	22.6425	18.5921	3.0547	3.5925	1.925	1.5	ok	ok
Lantai 13	19.5878	14.9996	22.7082	18.6616	3.1204	3.662	1.925	1.5	ok	ok
Lantai 12	19.5878	14.9996	22.7692	18.7358	3.1814	3.7362	1.925	1.5	ok	ok
Lantai 11	19.5878	14.9996	22.8268	18.8083	3.239	3.8087	1.925	1.5	ok	ok
Lantai 10	19.5197	14.9996	22.867	18.8767	3.3473	3.8771	1.925	1.5	ok	ok
lantai 9	19.4394	14.9996	22.9445	18.9352	3.5051	3.9356	1.925	1.5	ok	ok
Lantai 8	19.4394	14.9996	23.0468	18.9894	3.6074	3.9898	1.925	1.5	ok	ok
Lantai 7	19.4394	14.9996	23.1602	19.0341	3.7208	4.0345	1.925	1.5	ok	ok
Lantai 6	19.4394	14.9996	23.2832	19.0644	3.8438	4.0648	1.925	1.5	ok	ok
Lantai 5	19.3671	14.9996	23.388	19.0744	4.0209	4.0748	1.925	1.5	ok	ok
Lantai 4	19.2876	14.9996	23.5077	19.0527	4.2201	4.0531	1.925	1.5	ok	ok
Lantai 3	19.2876	14.9996	23.679	18.9929	4.3914	3.9933	1.925	1.5	ok	ok
Lantai 2	19.5756	14.9441	23.8745	18.863	4.2989	3.9189	1.925	1.5	ok	ok
Lantai Mezzanine	18.7338	16.4656	24.0588	18.4847	5.325	2.0191	1.925	1.5	ok	ok
Lantai 1	19.308	15.0063	23.6585	17.3922	4.3505	2.3859	1.925	1.5	ok	ok

Keterangan :

Xcm : Koordinat Pusat Massa arah X

Ycm : Koordinat Pusat Massa arah Y

Xcr : Koordinat Pusat Kekakuan arah X

Ycr : Koordinat Pusat Kekakuan arah Y

ex : Eksentrisitas aktual arah X

ey : Eksentrisitas aktual arah Y

Dari hasil perhitungan dan kontrol eksentrisitas aktual akibat eksentrisitas tak terduga berdasarkan SNI 1726:2012 diatas, didapatkan bahwa seluruh eksentrisitas telah memenuhi syarat $e_x > 0,05 B_{xy}$. Maka tidak perlu ada pergeseran pusat massa baru, karena nilai eksentrisitas lebih besar dari $0,05 B_{xy}$ yang artinya

tidak perlu mencari pusat massa baru untuk mengantisipasi torsi tak terduga pada gedung.

4.4 Perencanaan Struktur Sekunder

4.4.1 Umum

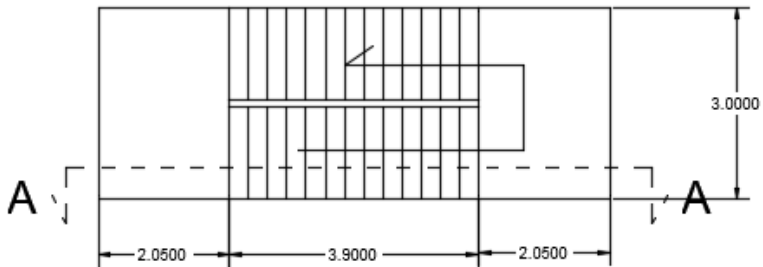
Struktur gedung dibagi menjadi dua yaitu struktur utama (primer) dan struktur sekunder. Struktur sekunder tidak menahan beban secara keseluruhan, namun tetap mengalami tegangan akibat pembebanan yang bekerja secara langsung pada bagian tersebut, maupun perubahan bentuk dari struktur primer. Bagian dari struktur sekunder antara lain meliputi tangga, pelat lantai, balok lift dan balok anak. Pada subbab ini akan dibahas mengenai perancangan struktur sekunder.

4.4.2 Perencanaan Tangga

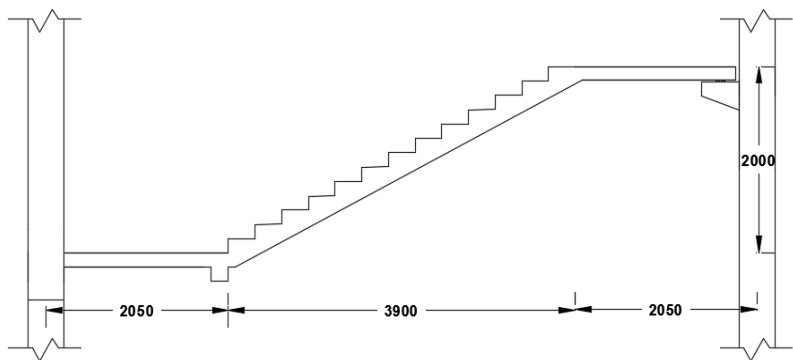
4.4.2.1 Data – Data Perencanaan Tangga

- Tinggi : 400 cm
- Tinggi Injakan (t) : 15 cm
- Lebar Injakan (i) : 30 cm
- Lebar Tangga : 150 cm
- Tebal Pelat Tangga : 17 cm
- Jumlah Tanjakan : 14 buah
- Jumlah Injakan : $14 - 1 = 13$ buah
- Elevasi Bordes : 200 cm
- Panjang Bordes : 300 cm
- Lebar Bordes : 205 cm
- Tebal Bordes : 15 cm
- Panjang Horizontal Tangga : 390 cm
- Kemiringan Tangga : $\text{arc tan } \alpha \frac{200}{390} = 27,15^\circ$
- Tebal Pelat rata-rata : Tebal Pelat tangga + tr

Denah dan potongan tangga yang akan ditinjau dapat dilihat pada gambar 4.9 dan gambar 4.10.



Gambar 4. 19. Denah Tangga



Gambar 4. 20. Potongan A-A Tangga

Cek Syarat

- $60 \leq (2t+i) \leq 65$
 $60 \leq (2 \times 15 + 30) \leq 65$
 $60 \leq 60 \leq 65$ (OK)
- $25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$
 $25^\circ \leq 27,15^\circ \leq 40^\circ$ (OK)

- Tebal Pelat anak tangga rata-rata

$$\frac{i}{2} x \sin \alpha = 6,84$$

- Tebal Pelat rata-rata

$$Tr = 17 + 6,8 \approx 24 \text{ cm}$$

4.4.2.2 Pembebanan Tangga dan Bordes

a. Pembebanan Tangga

- **Beban Mati**

Pelat tangga	:	$\frac{0,24 \times 2400 \times 1,50}{\cos 27,51}$	= 970,98 kg/m
Tegel	:	$24 \times 1,5$	= 36 kg/m
Spesi 2 cm	:	$21 \times 2 \times 1,5$	= 63 kg/m
Sandaran/railing	:	50 kg/m	
qd	:	1119,98 kg/m	

- **Beban hidup**

ql	:	$479 \times 1,5$	= 718,5 kg/m
----	---	------------------	--------------

- **Kombinasi**

q	:	$1,2 \times qd + 1,6 \times ql$	
q	:	2493,58 kg/m	

b. Pembebanan Bordes

- **Beban Mati**

Pelat bordes	:	$0,17 \times 2400 \times 1,5$	= 612 kg/m
Spesi 2 cm	:	$21 \times 2 \times 1,5$	= 63 kg/m
Tegel	:	$24 \times 1,5$	= 36 kg/m
qd	:	718,5 kg/m	

- **Beban Hidup**

ql	:	$479 \times 1,5$	= 718,5 kg/m
----	---	------------------	--------------

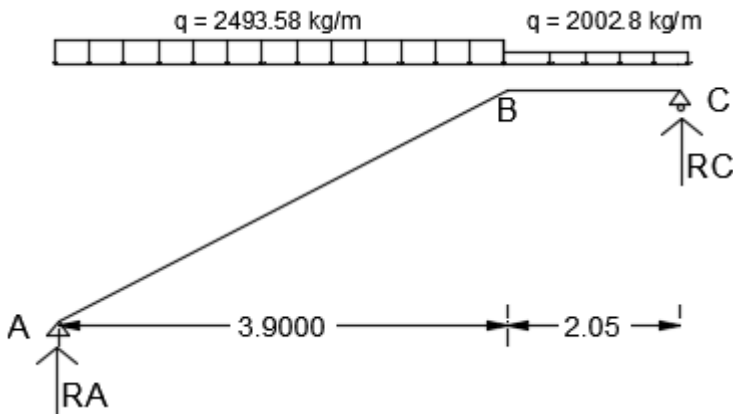
- **Kombinasi**

$$q = 1,2 q_d + 1,6 q_l$$

$$q = 2002,8 \text{ kg/m}$$

4.4.2.3 Perhitungan Gaya pada Tangga

Pada proses analisa struktur tangga, perhitungan dengan menggunakan mekanika teknik statis dengan permisalan sendi-rol, dengan pembebanan tangga dan output seperti pada gambar 4.11.



Gambar 4. 21. Permodelan Struktur Tangga

a. Perhitungan Reaksi pada Tangga

- $\sum M_a = 0$

$$R_c \cdot 5,95 - q_{\text{bordes}} \cdot 2,05 \left(0,5 \cdot 2,05 + 3,9 \right) - q_{\text{tangga}} \cdot 3,9 \left(0,5 \cdot 3,9 + 3,9 \right) = 0$$

$$R_c = \frac{2002,8 \times 2,05 \left(\frac{2,05}{2} + 3,9 \right) + 2493,58 \times 3,9 \left(\frac{3,9}{2} + 3,9 \right)}{5,95} = 6585,63 \text{ kg}$$

- $\sum M_b = 0$

$$R_a \cdot 5,95 - q_{\text{bordes}} \cdot 2,05 \left(0,5 \cdot 2,05 \right) - q_{\text{tangga}} \cdot 3,9 \left(0,5 \cdot 3,9 + 2,05 \right) = 0$$

$$R_a = \frac{2002,8 \times 2,05 \left(\frac{2,05}{2} \right) + 2493,58 \times 3,9 \left(\frac{3,9}{2} + 2,05 \right)}{5,95} = 7245,1 \text{ kg}$$

b. Perhitungan Gaya dalam pada Tangga

• Gaya Normal

- Pada Bordes ($0 < X < 2,05$)

$$N = 0 \text{ kg}$$

- Pada Tangga ($0 < X < 3,9$)

$$X = 0 \text{ m}$$

$$N_1 = -R_a \cdot \sin \alpha$$

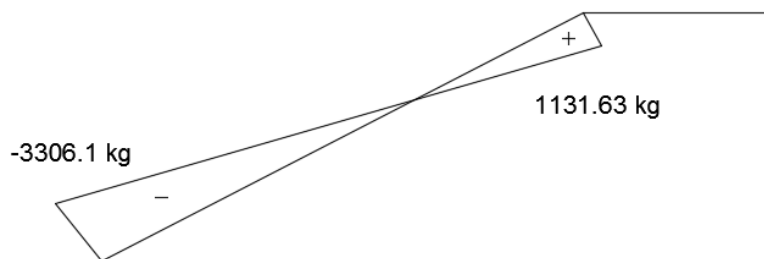
$$N_1 = -3306,1 \text{ kg}$$

$$X = 3,9 \text{ m}$$

$$N_2 = N_1 + q \cdot X \cdot \sin \alpha$$

$$N_2 = 1131,63 \text{ kg}$$

Bidang N



Gambar 4. 22. Gaya Dalam Bidang N pada Tangga

• Gaya Lintang

- Pada Bordes ($0 < X < 2,05$)

$$X = 0 \text{ m}$$

$$D_1 = -R_c + q_b \cdot X$$

$$D_1 = -6585,63 \text{ kg}$$

$$X = 2,05 \text{ m}$$

$$D_2 = -Rc + q_b \cdot X$$

$$D_2 = -2479,88 \text{ kg}$$

- Pada Tangga ($0 < X < 3,9$)

$$X = 0 \text{ m}$$

$$D_1 = Ra \cdot \cos \alpha - qt \cdot X \cdot \cos \alpha$$

$$D_1 = 6446,8 \text{ kg}$$

$$X = 3,9 \text{ m}$$

$$D_2 = Ra \cdot \cos \alpha - qt \cdot X \cdot \cos \alpha$$

$$D_2 = -2206,64 \text{ kg}$$



Gambar 4. 23. Gaya Dalam Bidang D pada Tangga

• Gaya Momen

- Pada Bordes ($0 < X < 2,05$)

$$X = 0 \text{ m}$$

$$M_1 = Rc \cdot X - \frac{1}{2} \cdot q_b \cdot X^2$$

$$M_1 = 0 \text{ kgm}$$

$$X = 2,05 \text{ m}$$

$$M_2 = R_c \cdot X - 1/2 \cdot q_b \cdot X^2$$

$$M_2 = 9292.16 \text{ kgm}$$

- Pada Tangga ($0 < X < 3,9$)

$$X = 0 \text{ m}$$

$$M_1 = R_a \cdot X - 1/2 \cdot q_t \cdot X^2$$

$$M_1 = 0 \text{ kgm}$$

$$X = 3,9 \text{ m}$$

$$M_2 = R_a \cdot X - 1/2 \cdot q_t \cdot X^2$$

$$M_2 = 9292.16 \text{ kgm}$$

Pada tangga momen maksimum terjadi pada saat :

$$M_{\max} = R_a \cdot X - 1/2 \cdot q_t \cdot X^2$$

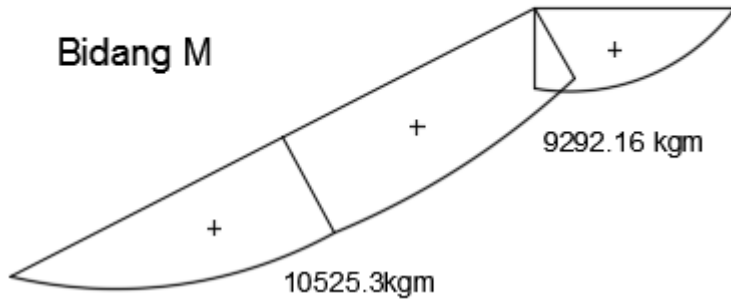
$$D_x = 0$$

$$X = R_a / q_t$$

$$X = 2,91 \text{ m}$$

$$M_2 = R_a \cdot X - 1/2 \cdot q_t \cdot X^2$$

$$M_2 = 10525,3 \text{ kgm}$$



Gambar 4. 24. Gaya Dalam Bidang M pada Tangga

4.4.2.4 Perhitungan Tulangan Tangga

a. Anak Tangga :

➤ Data Perencanaan Penulangan Tangga

- f_c' : 40 Mpa
- f_y : 420 Mpa
- Tulangan (D) : D 16
- d_x : $t_{\text{tangga}} - \text{cover} - (D/2)$
: $170 - 20 - (16/2)$
: 142 mm
- ρ_{\min} : 0,0018 (SNI 2847:2013 psl. 7.12.2.1)
- β_1 : $0,85 - 0,05 \frac{(f_c' - 28)}{7}$
: $0,85 - 0,05 \frac{(40 - 28)}{7}$
: 0,764
- ρ_b : $\frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$
: $\frac{0,85 \times 0,764 \times 40}{420} \left(\frac{600}{600 + 420} \right)$

$$\begin{aligned}
 & : 0,0364 \\
 - \rho_{\max} & : 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,0364 = 0,0273 \\
 - m & : \frac{fy}{0.85 \times f'c} = \frac{420}{0.85 \times 40} = 12,353
 \end{aligned}$$

➤ **Penulangan Lentur**

$$Mu = 10525,3 \text{ kgm} = 105252891,9 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{bd^2} = \frac{105252891,9}{0.75 \times 1500 \times 142^2} = 4,64 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right) \\
 &= \frac{1}{12.353} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.353 \times 4.64}{420}} \right) \\
 &= 0,012 \text{ (dipakai)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{As Perlu} &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,012 \times 1500 \times 142 \\
 &= 2540,18 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{As (D16)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 \\
 &= 201,12 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n \text{ Tulangan} &= \frac{\text{As Perlu}}{\text{As (D16)}} \\
 &= \frac{2540,18 \text{ mm}^2}{201,12 \text{ mm}^2} \\
 &\approx 13 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$S = \frac{1500}{13} = 115,38 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan Tulangan Lentur D16-100 mm

$$\begin{aligned}
 \text{As Pakai} &= n \text{ pakai} \times \text{As (D 16)} \\
 &= 13 \times 201,12 \\
 &= 2614,86 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{As Tulangan Bagi} &= 20 \% \times \text{As pakai} \\
 &= 20\% \times 2614,86
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 522,97 \text{ mm}^2 \\
 \text{As (D 10)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \\
 &= 78,57 \text{ mm}^2 \\
 \text{n tulangan} &= \frac{\text{As Tulangan Bagi}}{\text{As (D10)}} \\
 &= \frac{522,97}{78,57} \\
 &= 7 \text{ buah} \\
 \text{S tulangan} &= \frac{1500}{7} \\
 &= 200 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Digunakan Tulangan bagi D 10 – 200 mm

➤ **Penulangan Geser**

$$V_u \leq 0.5 \cdot \phi \cdot V_c$$

$$V_c = 0,17 \times \sqrt{f'c'} \times b_w \times d$$

$$V_c = 0,17 \times \sqrt{40} \times 1500 \times 142 = 229012,15 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
 0.5 \phi \cdot V_c &= 0,5 \times 0,6 \times 229012,15 \text{ N} \\
 &= 68703,64 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$V_u = 64467,95 \text{ N}$$

$$64467,95 \text{ N} < 68703,64 \text{ N}$$

Sehingga tidak membutuhkan perkuatan geser

➤ **Penulangan Susut**

$$\rho_{\min} = 0.0018$$

$$\begin{aligned}
 \text{As perlu} &= \rho \times b_w \times d \\
 &= 0,0018 \times 1500 \times 142 \\
 &= 383,4 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{As (D 10)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \\
 &= 78,57 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\text{n Tulangan} = \frac{\text{As perlu}}{\text{As (D 10)}}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{383.4 \text{ mm}^2}{78.57 \text{ mm}^2} \\
 &= 5 \\
 S &= \frac{1500}{5} \\
 &= 300 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Digunakan Tulangan susut D10-300 mm

b. Bordes

➤ **Data Perencanaan Penulangan Tangga**

- f_c' : 40 Mpa
- f_y : 420 Mpa
- Tulangan (D) : D 16
- d_x : $t_{\text{tangga}} - \text{cover} - (D/2)$
: $170 - 20 - (16/2)$
: 142 mm
- ρ_{\min} : 0,0018 (SNI 2847:2013 psl. 7.12.2.1)
- β_1 : $0,85 - 0,05 \frac{(f_{c'} - 28)}{7}$
: $0,85 - 0,05 \frac{(40 - 28)}{7}$
: 0,764
- ρ_b : $\frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$
: $\frac{0,85 \times 0,764 \times f_{40}}{420} \left(\frac{600}{600 + 420} \right)$
: 0,0364
- ρ_{\max} : $0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,0364 = 0,0273$
- m : $\frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} = \frac{420}{0,85 \times 40} = 12,353$

➤ **Penulangan Lentur**

$$Mu = 9292,16 \text{ kgm} = 92921557,31 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{bd^2} = \frac{92921557,31}{0,75 \times 1500 \times 142^2} = 4,09$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{12.353} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.353 \times 4,09}{420}} \right) \\ &= 0,0104 \text{ (dipakai)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{As Perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0.0104 \times 1500 \times 142 \\ &= 2220,34 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{As (D16)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 \\ &= 201,14 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}n \text{ Tulangan} &= \frac{\text{As Perlu}}{\text{As (D16)}} \\ &= \frac{2220,34 \text{ mm}^2}{201,14 \text{ mm}^2} \\ &\approx 12 \text{ buah}\end{aligned}$$

$$S = \frac{1500}{12} = 125 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan Tulangan Lentur D16-125 mm

$$\begin{aligned}\text{As Pakai} &= n \text{ pakai} \times \text{As (D 16)} \\ &= 12 \times 201,14 \\ &= 2413,71 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{As Tulangan Bagi} &= 20 \% \times \text{As pakai} \\ &= 20\% \times 2413,71 \\ &= 482,74 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{As (D 10)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \\ &= 78,57 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}n \text{ tulangan} &= \frac{\text{As Tulangan Bagi}}{\text{As (D 10)}} \\ &= \frac{482,74 \text{ mm}^2}{78,57} \\ &= 7 \text{ buah}\end{aligned}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{1500}{7}$$

$$= 214,28 \text{ mm}$$

Digunakan Tulangan bagi D 10 – 200 mm

➤ **Penulangan Geser**

$$V_u \leq 0.5 \cdot \phi \cdot V_c$$

$$V_c = 0,17 \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d$$

$$V_c = 0,17 \times \sqrt{40} \times 3000 \times 142 = 458024,3 \text{ N}$$

$$0.5 \phi \cdot V_c = 0.5 \times 0.6 \times 458024.3 \text{ N}$$

$$= 137407,3 \text{ N}$$

$$V_u = 65856,3 \text{ N}$$

$$65856,3 \text{ N} < 137407,3 \text{ N}$$

Sehingga tidak membutuhkan perkuatan geser

➤ **Penulangan Susut**

$$\rho_{\min} = 0,0018$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times b_w \times d$$

$$= 0,0018 \times 1500 \times 142$$

$$= 383.4 \text{ mm}^2$$

$$A_s (D 10) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2$$

$$= 78,57 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ Tulangan} = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s (D 10)}$$

$$= \frac{383,2 \text{ mm}^2}{78.57 \text{ mm}^2}$$

$$= 5$$

$$S = \frac{1500}{5}$$

$$= 300 \text{ mm}$$

Digunakan Tulangan susut D10-300 mm

c. Perhitungan Balok Bordes

➤ **Perencanaan dimensi Balok Bordes**

$$h = \frac{1}{16} \times L = \frac{1}{16} \times 300 = 18,75 \text{ cm} \approx 30 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3} \times h = \frac{2}{3} \times 18,75 = 12,5 \text{ cm} \approx 20 \text{ cm}$$

Dipakai dimensi balok bordes 20/30 cm

➤ **Pembebanan Balok Bordes**

- Beban Mati (DL)

$$\text{Pelat Bordes} = 2400 \times 2,05 \times 0,15 = 738 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat Balok} = 0,2 \times 0,3 \times 2400 = 144 \text{ kg/m}$$

$$q_{DT} = 882 \text{ kg/m}$$

- Beban Hidup(LL)

$$q_{LT} = 479 \times 2,05 = 981,95 \text{ kg/m}$$

- Kombinasi

$$q_u = 1,2(DL) + 1,6(LL)$$

$$q_u = 1,2(882) + 1,6(981,95) = 2629,52 \text{ kg/m}$$

➤ **Data Perencanaan Penulangan Balok Bordes**

$$- f_c' : 40 \text{ Mpa}$$

$$- f_y : 420 \text{ Mpa}$$

$$- \text{Tulangan (D)} : D 16$$

$$- d_x : t_{\text{tangga}} - \text{cover} - (D/2)$$

$$: 300 - 20 - (16/2)$$

$$: 252 \text{ mm}$$

$$- \rho_{\min} : 0,0018 \text{ (SNI 2847:2013 psl. 7.12.2.1)}$$

$$- \beta_1 : 0,85 - 0,05 \frac{(f_c' - 28)}{7}$$

$$: 0,85 - 0,05 \frac{(40 - 28)}{7}$$

$$: 0,764$$

$$- \rho_b : \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\begin{aligned}
 &: \frac{0,85 \times 0,764 \times f_{40}}{420} \left(\frac{600}{600+420} \right) \\
 &: 0,0364 \\
 - \rho_{\max} &: 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,0364 = 0,0273 \\
 - m &: \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} = \frac{420}{0,85 \times 40} = 12,353
 \end{aligned}$$

➤ Penulangan Lentur Balok Bordes

• Tulangan Negetif Tumpuan

$$Mu = \frac{1}{16} \times q \times L^2 = \frac{1}{16} \times 2629,52 \times 3^2 = 1479,1 \text{ kgm}$$

$$R_n = \frac{Mn}{bd^2} = \frac{1479,1 \times 10000}{0,75 \times 200 \times 252^2} = 1,55$$

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{12,353} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,353 \times 1,55}{420}} \right) \\
 &= 0,0038 \text{ (dipakai)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{As Perlu} &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,0038 \times 200 \times 252 \\
 &= 191,52 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{As (D16)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 \\
 &= 201,14 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n \text{ Tulangan} &= \frac{\text{As Perlu}}{\text{As (D16)}} \\
 &= \frac{191,52 \text{ mm}^2}{201,14 \text{ mm}^2} \\
 &\approx 2 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Digunakan Tulangan lentur di tumpuan 2D16

• Tulangan Positif Lapangan

$$Mu = \frac{1}{11} x q x L^2 = \frac{1}{11} x 2629,52 x 3^2 = 2151,43 \text{ kgm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{bd^2} = \frac{2151,43 x 10000}{0,75 x 200 x 252^2} = 2,25$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 x m x Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{12,353} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 x 12,353 x 2,25}{420}} \right) \\ &= 0,0056 \text{ (dipakai)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As Perlu} &= \rho x b x d \\ &= 0,0056 x 200 x 252 \\ &= 282,24 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As (D16)} &= \frac{1}{4} x \pi x D^2 \\ &= \frac{1}{4} x \pi x 16^2 \\ &= 201,14 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n \text{ Tulangan} &= \frac{\text{As Perlu}}{\text{As (D16)}} \\ &= \frac{282,24 \text{ mm}^2}{201,14 \text{ mm}^2} \\ &\approx 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

Digunakan Tulangan lentur di lapangan 2D16

➤ **Penulangan Geser**

$$Vc = 0,17 x \sqrt{f'c'} x bw x d$$

$$Vc = 0,17 x \sqrt{40} x 200 x 252 = 54188,8 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} 0,5 \phi \cdot Vc &= 0,5 x 0,6 x 54188,8 \text{ N} \\ &= 16256,6 \text{ N} \end{aligned}$$

$$Vu = 39442,8 \text{ N}$$

$$0,5 \phi Vc < Vu < Vc \text{ (diperlukan tulangan minimum)}$$

$$Vs \text{ min} = \frac{Vu}{\phi}$$

$$Vs \text{ min} = \frac{39442,8}{0,9} = 43825,33 \text{ N}$$

$$A_s D10 = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$A_s D10 = \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 = 78.57 \text{ mm}^2$$

$$A_v = 2 \times A_s D10$$

$$A_v = 2 \times 78.57 = 157.14 \text{ mm}^2$$

$$S_{maks} = \frac{A_v \times f_y \times dx}{V_s}$$

$$S_{maks} = \frac{157.4 \times 420 \times 252}{43825.33} = 380.13 \text{ mm}$$

Maka digunakan tulangan geser D10-300 mm

Berikut merupakan rekapitulasi penulangan tangga:

Tabel 4. 22. Rekapitulasi Penulangan Tangga

Nama Struktur	Tulangan		
	Lentur	Bagi	Susut
Pelat Tangga	D16-100	D10-200	D10-300
Pelat Bordes	D16-125	D10-200	D10-300
Balok Bordes	2D16	Geser	
		D10-300	

4.4.3 Perencanaan Pelat Lantai dan Pelat Atap

Perencanaan pelat pada tugas akhir ini, terdapat dua jenis pelat, yaitu pelat lantai dan pelat atap. Direncanakan pelat menggunakan half slab, karena untuk mengefisiensi kinerja saat pabrikan, maka pelat atap direncanakan sama dengan pelat lantai. Desain tebal pelat direncanakan menggunakan ketebalan 14 cm dengan perincian tebal pelat pracetak 9 cm dan pelat cor setempat / overtopping 5 cm. Pada Perencanaan ini, pelat akan dibagi dalam beberapa segmen untuk mempermudah proses instalasi. Pelat terdiri dari 6 tipe pelat, dan tiap tipe pelat dibagi lagi dalam beberapa segmen. Peraturan yang digunakan untuk penentuan besar beban yang bekerja pada struktur pelat adalah Tata Cara Perhitungan Pembebanan Untuk Bangunan Rumah dan Gedung

(SNI 1727:2013). Desain pelat direncanakan pada beberapa keadaan, yaitu:

1. Saat pengangkatan, keadaan ini terjadi pada saat instalasi pelat half slab, dimana terjadi pengangkatan pelat ke tempat yang direncanakan. Pada saat pengangkatan, pelat dibagi dalam dua segmen, yaitu pelat segmen A dan segmen B, yang mana masing-masing ukuran pelat berturut turut adalah 4×2 m dan 4×1.5 m.
2. Sebelum Komposit, keadaan ini terjadi pada saat awal pengecoran topping yaitu komponen pracetak dan komponen topping belum menyatu dalam memikul beban, perletakkan pelat pada kondisi diasumsikan sebagai perletakkan bebas.
3. Sesudah komposit, keadaan ini terjadi apabila topping dan elemen pracetak pelat telah bekerja bersama-sama dalam memikul beban. Perletakkan pelat dianggap sebagai perletakkan terjepit elastis.

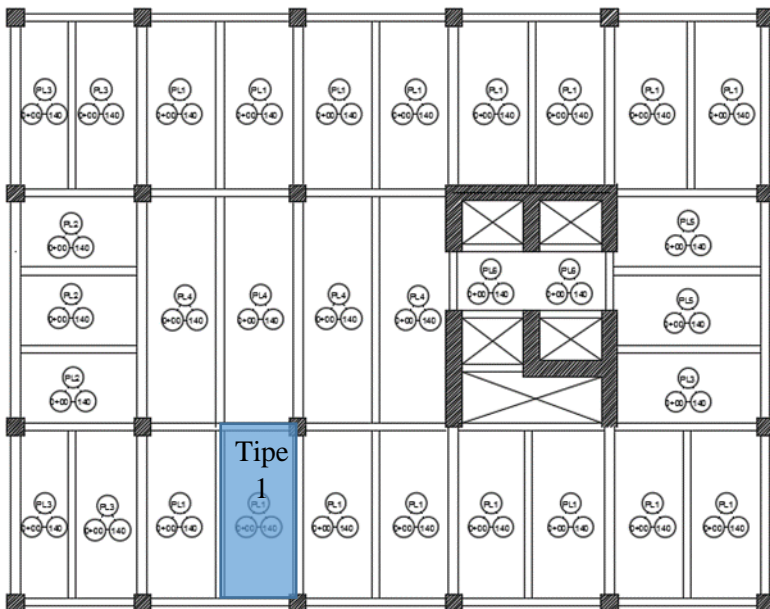
Permodelan pelat utama perletakan baik pada saat sebelum komposit dan setelah komposit akan digunakan untuk perhitungan tulangan pelat. Pelat pada saat awal pemasangan atau saat sebelum komposit diasumsikan memiliki perletakan bebas dengan tulangan lapangan saja.

Sedangkan pada saat setelah komposit diasumsikan sebagai perletakan terjepit elastis. Penulangan akhir nantinya merupakan penggabungan pada 3 keadaan yang direncanakan. Selain tulangan untuk menahan beban gravitasi perlu juga diperhitungkan tulangan angkat yang sesuai pada pemasangan pelat pracetak. Pada laporan ini, akan diberikan contoh perhitungan pelat tipe 1, dan pada saat pengangkatan digunakan pelat segmen B. Berikut merupakan contoh perhitungan pelat tipe 1.

4.4.3.1 Data Perencanaan Pelat

Data perencanaan untuk perencanaan pelat *Half Slab* type 1 yang akan digunakan untuk perhitungan :

- Tebal Pelat Full Slab : 14 cm
- Tebal Pelat Half Slab : 9 cm
- Mutu Beton : 40 Mpa
- Mutu Baja : 420 Mpa
- Tebal Selimut : 30 mm
- Diameter Tulangan (D) : 10 mm
- Panjang Pelat : 9 m
- Lebar Pelat : 4 m
- Ln : 8.6 m
- Sn : 3.55 m
- β : $\frac{8.6}{3.55} = 2.42 > 2$ (pelat 1 Arah)



Gambar 4. 25. Pelat Lantai Type 1

4.4.3.2 Pembebanan Pelat

Pelat direncanakan menerima beban mati (DL) dan beban hidup (LL) berdasarkan SNI 1727 : 2013 sesuai dengan fungsi bangunan hotel.

➤ Setelah Komposit

• Beban Mati

Pelat lantai	$= 0.14 \times 2400 = 336 \text{ kg/m}^2$
Plafon + penggantung	$= 18 \text{ kg/m}^2$
Tegel	$= 24 \text{ kg/m}^2$
Spesi (2 cm)	$= 21 \text{ kg/m}^2$
Ducting + Plumbing	$= 30 \text{ kg/m}^2$
qd	$= \sum \text{beban mati} = 450 \text{ kg/m}^2$

• Beban Hidup

Beban hotel	$= 192 \text{ kg/m}^2$
ql	$= \sum \text{beban hotel} = 192 \text{ kg/m}^2$

• Kombinasi Beban

q	$= 1.2 D + 1.6 L$
q	$= 1.2 \times 450 + 1.6 \times 192$
q	$= 847.2 \text{ kg/m}^2$

➤ Sebelum Komposit

• Beban Mati

Pelat Lantai	$= 0.09 \times 2400 = 216 \text{ kg/m}^2$
Overtopping	$= 0.05 \times 2400 = 120 \text{ kg/m}^2$
qd	$= 216 + 120 = 336 \text{ kg/m}^2$

• Beban Hidup

Beban hotel	$= 0 \text{ kg/m}^2$
ql	$= 0 \text{ kg/m}^2$

- Kombinasi Beban

$$\begin{aligned} q &= 1.4 D \\ q &= 1.4 \cdot 336 \text{ kg/m}^2 \\ q &= 470.4 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

4.4.3.3 Perhitungan Tulangan Pelat

Perhitungan pelat terdiri dari berbagai tipe yaitu tipe pelat 1,2,3,4,5 dan 6. Selanjutnya akan ditampilkan contoh perhitungan penulangan pada pelat tipe 1 dengan dimensi total adalah 9 x 4 m. perhitungan penulangan pelat akan direncanakan dalam dua tahap, yaitu tahap pertama penulangan setelah komposit dan sebelum komposit. Lalu dipilih tulangan yang layak untuk digunakan yaitu dengan cara memperhitungkan tulangan paling kritis diantara kedua keadaan tersebut. Berikut ini merupakan contoh penulangan pada pelat tipe 1.

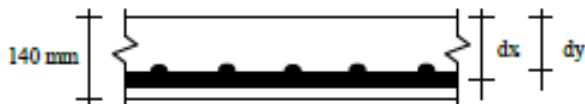
➤ **Setelah Komposit**

Untuk beton f_c' 40 Mpa berdasarkan SNI 2847 : 2013 pasal 10.2.7.3 harga β_1 adalah sebagai berikut:

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \times \frac{f_c' - 28}{7}$$

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \times \frac{40 - 28}{7}$$

$$\beta_1 = 0.764$$



$$dx = h_{\text{komposit}} - d' - 0.5 \times D$$

$$dx = 140 - 30 - 0.5 \times 10$$

$$dx = 105 \text{ mm}$$

$$dy = h_{\text{komposit}} - d' - D_{\text{arah x}} - D_{\text{arah y}}$$

$$dy = 140 - 30 - 10 - 10$$

$$dy = 90 \text{ mm}$$

Menentukan batasan harga tulangan dengan menggunakan rasio tulangan yang disyaratkan sebagai berikut :

$$m = \frac{f_y}{0.85 \times f_c'}$$

$$m = \frac{420}{0.85 \times 40}$$

$$m = 12.35$$

$$\rho_{\min} = 0.0018 \text{ (berdasarkan SNI 2847:2013, pasal 7.12.2.1 (b))}$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \text{ (SNI 2847:2013 Lampiran B)}$$

$$\rho_b = 0.0036$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \times \rho_b$$

$$\rho_{\max} = 0.027$$

- **Perhitungan Momen pada Tumpuan dan Lapangan**

Pada pelat tipe 1, diketahui merupakan pelat satu arah. Sehingga direncanakan moemen yang terjadi sebagai berikut:

$$M = \frac{1}{8} \times q \times L^2$$

$$M = \frac{1}{8} \times 847.2 \times 3.55^2$$

$$M = 1334.605 \text{ kgm}$$

- **Penulangan Arah X**

$$Rn = \frac{Mu}{\phi \times b \times dx^2},$$

$$\phi = 0.9 \text{ (penampang terkontrol Tarik, SNI 2847:2013 Lamp. C)}$$

$$Rn = \frac{1334.605 \times 10000}{0.9 \times 1000 \times 105^2}$$

$$Rn = 1.345 \text{ n/mm}^2$$

$$\rho \text{ perlu} = \frac{1}{m} \times (1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}})$$

$$\rho \text{ perlu} = \frac{1}{12.35} \times (1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.35 \times 1.345}{420}})$$

$$\rho \text{ perlu} = 0.0033 > \rho \text{ min} = 0.0018$$

$$\begin{aligned} \text{As Perlu} &= \rho \times b \times dx \\ &= 0.0033 \times 1000 \times 105 \\ &= 343.185 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As (D10)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \\ &= 78.57 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n \text{ Tulangan} &= \frac{\text{As perlu}}{\text{As (D10)}} \\ &= \frac{343.185}{78.57} \\ &\approx 5 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{tulangan}} &= \frac{1000}{5} \\ &= 200 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{\text{max}} = 450 \text{ mm}^2 \text{ (SNI 2847 : 2013, pasal 7.6.5)}$$

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= n \times \text{As (D10)} \\ &= 5 \times 78.57 \\ &= 392.86 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka, digunakan tulangan lentur arah x D10 – 200 mm

• Penulangan Arah Y

Pada penulangan arah y dipasang tulangan pembagi yang berguna untuk menahan susut dengan nilai $\rho_{\min} = 0.0018$ (SNI 2847 : 2013, pasal 7.12.2.1 (b))

$$\begin{aligned}\text{As Perlu} &= \rho \times b \times d_y \\ &= 0.0018 \times 1000 \times 90 \\ &= 162 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{As (D10)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \\ &= 78.57 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}n \text{ Tulangan} &= \frac{\text{As perlu}}{\text{As (D10)}} \\ &= \frac{162}{78.57} \\ &\approx 3 \text{ buah}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}S_{\text{tulangan}} &= \frac{1000}{3} \\ &= 333.333 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$S_{\max} = 450 \text{ mm (SNI 2847 : 2013, pasal 7.6.5)}$$

$$\begin{aligned}\text{As pakai} &= n \times \text{As (D10)} \\ &= 3 \times 78.57 \\ &= 235.71 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Maka, digunakan tulangan susu arah y D10-300 mm

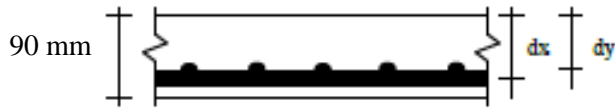
➤ **Sebelum Komposit**

Untuk beton $f_c' = 40$ Mpa berdasarkan SNI 2847 : 2013 pasal 10.2.7.3 harga β_1 adalah sebagai berikut:

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \times \frac{f_c' - 28}{7}$$

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \times \frac{40 - 28}{7}$$

$$\beta_1 = 0.764$$



$$dx = h_{\text{komposit}} - d' - 0.5 \times D$$

$$dx = 90 - 30 - 0.5 \times 10$$

$$dx = 55 \text{ mm}$$

$$dy = h_{\text{komposit}} - d' - D_{\text{arah x}} - D_{\text{arah y}}$$

$$dy = 90 - 30 - 10 - 10/2$$

$$dy = 45 \text{ mm}$$

Menentukan batasan harga tulangan dengan menggunakan rasio tulangan yang disyaratkan sebagai berikut :

$$m = \frac{f_y}{0.85 \times f_{c'}}$$

$$m = \frac{420}{0.85 \times 40}$$

$$m = 12.35$$

$$\rho_{\min} = 0.0018 \text{ (berdasarkan SNI 2847:2013, pasal 7.12.2.1 (b))}$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times \beta_1 \times f_{c'}}{f_y} \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \text{ (SNI 2847:2013 Lampiran B)}$$

$$\rho_b = 0.0036$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \times \rho_b$$

$$\rho_{\max} = 0.027$$

- Perhitungan Momen pada Tumpuan dan Lapangan

Pada pelat tipe 1, diketahui merupakan pelat satu arah. Sehingga direncanakan moemen yang terjadi sebagai berikut:

$$M = \frac{1}{8} \times q \times L^2$$

$$M = \frac{1}{8} \times 470.4 \times 3.55^2$$

$$M = 741.02 \text{ kgm}$$

• **Penulangan Arah X**

$$Rn = \frac{Mu}{\phi \times b \times d \times x^2},$$

$\phi=0.9$ (penampang terkontrol Tarik, SNI 2847:2013 Lamp. C)

$$Rn = \frac{741.02 \times 10000}{0.9 \times 1000 \times 55^2}$$

$$Rn = 2.72 \text{ n/mm}^2$$

$$\rho \text{ perlu} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}}\right)$$

$$\rho \text{ perlu} = \frac{1}{12.35} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.35 \times 2.72}{420}}\right)$$

$$\rho \text{ perlu} = 0.0068 > \rho \text{ min} = 0.0018$$

$$\begin{aligned} \text{As Perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0.0068 \times 1000 \times 55 \\ &= 371.97 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As (D10)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \\ &= 78.57 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n \text{ Tulangan} &= \frac{\text{As perlu}}{\text{As (D10)}} \\ &= \frac{371.97}{78.57} \\ &\approx 5 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{tulangan}} &= \frac{1000}{5} \\ &= 200 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{\text{max}} = 450 \text{ mm}^2 \text{ (SNI 2847 : 2013, pasal 7.6.5)}$$

$$\text{As pakai} = n \times \text{As (D10)}$$

$$= 5 \times 78.57$$

$$= 392.86 \text{ mm}^2$$

Maka, digunakan tulangan lentur arah x D10 – 200 mm

• Penulangan Arah Y

Pada penulangan arah y dipasang tulangan pembagi yang berguna untuk menahan susut dengan nilai $\rho_{\min} = 0.0018$ (SNI 2847 : 2013, pasal 7.12.2.1 (b))

$$\begin{aligned} \text{As Perlu} &= \rho \times b \times d_y \\ &= 0.0018 \times 1000 \times 45 \\ &= 81 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As (D10)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \\ &= 78.57 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n_{\text{Tulangan}} &= \frac{\text{As perlu}}{\text{As (D10)}} \\ &= \frac{81}{78.57} \\ &\approx 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{tulangan}} &= \frac{1000}{2} \\ &= 500 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{\max} = 450 \text{ mm (SNI 2847 : 2013, pasal 7.6.5)}$$

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= n \times \text{As (D10)} \\ &= 2 \times 78.57 \\ &= 157.14 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka, digunakan tulangan susu arah y D10-400 mm

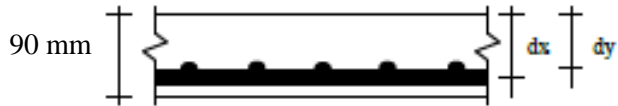
➤ Pengangkatan

Untuk beton $f_c' = 40 \text{ Mpa}$ berdasarkan SNI 2847 : 2013 pasal 10.2.7.3 harga β_1 adalah sebagai berikut:

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \times \frac{f_c' - 28}{7}$$

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \times \frac{40 - 28}{7}$$

$$\beta_1 = 0.764$$



$$dx = h_{\text{komposit}} - d' - 0.5 \times D$$

$$dx = 90 - 30 - 0.5 \times 10$$

$$dx = 55 \text{ mm}$$

$$dy = h_{\text{komposit}} - d' - D_{\text{arah x}} - D_{\text{arah y}}$$

$$dy = 90 - 30 - 10 - 10/2$$

$$dy = 45 \text{ mm}$$

Menentukan batasan harga tulangan dengan menggunakan rasio tulangan yang disyaratkan sebagai berikut :

$$m = \frac{f_y}{0.85 \times f_{c'}}$$

$$m = \frac{420}{0.85 \times 40}$$

$$m = 12.35$$

$$\rho_{\min} = 0.0018 \text{ (berdasarkan SNI 2847:2013, pasal 7.12.2.1 (b))}$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times \beta_1 \times f_{c'}}{f_y} \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \text{ (SNI 2847:2013 Lampiran B)}$$

$$\rho_b = 0.0036$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \times \rho_b$$

$$\rho_{\max} = 0.027$$

- Perhitungan Momen akibat Pengangkatan saat Instansi

Berdasarkan *Pci Handbook 6th* Pasal 5.3, momen yang terjadi pada saat pengangkatan 4 titik angkat sebagai berikut:

$$Mx = 0.0107 \times w \times a^2 \times b$$

$$My = 0.0107 \times w \times a \times b^2$$

Dimana,

$$W = h_{\text{precast}} \times \gamma_{\text{beton}}$$

$$W = 0.09 \times 2400$$

$$W = 216 \text{ kg/m}^2$$

$$a = 1.5 \text{ m}$$

$$b = 4 \text{ m}$$

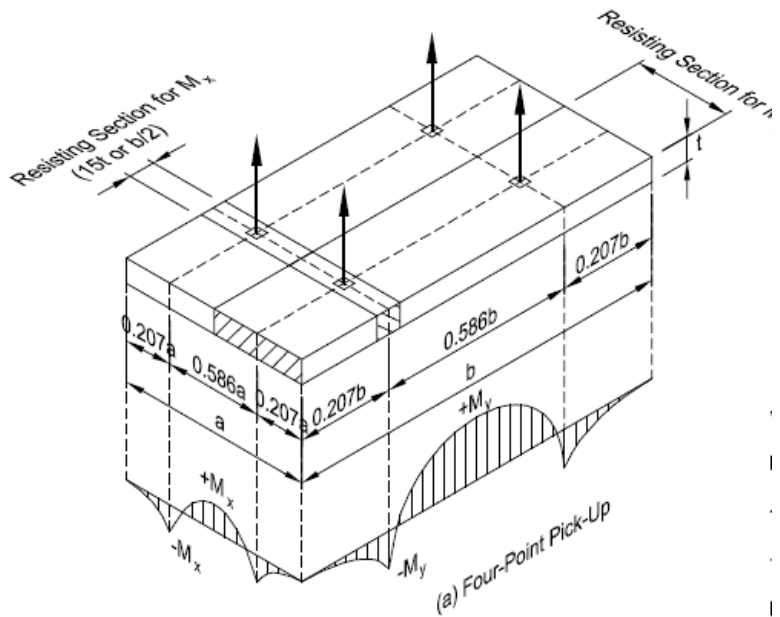
sehingga,

$$Mx = 0.0107 \times 216 \times 4^2 \times 1.5$$

$$Mx = 20.8 \text{ kgm}$$

$$My = 0.0107 \times 216 \times 4 \times 1.5^2$$

$$My = 55.47 \text{ kgm}$$



Gambar 4. 26. Momen Pengangkatan Pelat Pracetak
(PCI Design Handbook, *Precast and Prestress Concrete*, 6th
Edition, 2004)

• **Penulangan Arah X**

$$Rn = \frac{Mu}{\phi x b x dx^2} ,$$

$\phi=0.9$ (penampang terkontrol Tarik, SNI 2847:2013 Lamp. C)

$$Rn = \frac{20.8 \times 10000}{0.9 \times 1000 \times 45^2}$$

$$Rn = 0.114 \text{ n/mm}^2$$

$$\rho \text{ perlu} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{12.35} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.35 \times 0.114}{420}}\right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0.00027 < \rho_{\text{min}} = 0.0018$$

$$\begin{aligned} \text{As Perlu} &= \rho \times b \times dx \\ &= 0.0018 \times 1000 \times 45 \\ &= 81 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As (D10)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \\ &= 78.57 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n \text{ Tulangan} &= \frac{\text{As}_{\text{perlu}}}{\text{As (D10)}} \\ &= \frac{81}{78.57} \\ &\approx 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{tulangan}} &= \frac{1000}{2} \\ &= 500 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{\text{max}} = 450 \text{ mm}^2 \text{ (SNI 2847 : 2013, pasal 7.6.5)}$$

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= n \times \text{As (D10)} \\ &= 2 \times 78.57 \\ &= 157.14 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka, digunakan tulangan lentur arah x D10 – 400 mm

• Penulangan Arah Y

$$Rn = \frac{Mu}{\phi \times b \times dx^2},$$

$\phi=0.9$ (penampang terkontrol Tarik, SNI 2847:2013 Lamp. C)

$$Rn = \frac{55.47 \times 10000}{0.9 \times 1000 \times 55^2}$$

$$Rn = 0.204 \text{ n/mm}^2$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{f_y}}\right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{12.35} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.35 \times 0.204}{420}}\right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0.0005 < \rho_{\text{min}} = 0.0018$$

$$\begin{aligned} \text{As Perlu} &= \rho \times b \times d_x \\ &= 0.0018 \times 1000 \times 55 \\ &= 99 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As (D10)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \\ &= 78.57 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n \text{ Tulangan} &= \frac{\text{As perlu}}{\text{As (D10)}} \\ &= \frac{99}{78.57} \\ &\approx 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{tulangan}} &= \frac{1000}{2} \\ &= 500 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{\text{max}} = 450 \text{ mm (SNI 2847 : 2013, pasal 7.6.5)}$$

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= n \times \text{As (D10)} \\ &= 2 \times 78.57 \\ &= 157.14 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka, digunakan tulangan lentur arah y D10 – 400 mm

4.4.3.4 Panjang Penyaluran Tulangan Pelat

Panjang penyaluran harus disediakan cukup untuk tulangan pelat sebelum dan sesudah komposit, panjang penyaluran didasarkan pada SNI 2847 : 2013 pasal 12.5. sebagai berikut :

- $I_{dh} > 8 \times Db = 8 \times 10 = 80 \text{ mm}$
- $I_{dh} > 150 \text{ mm}$
- $I_{hb} = \frac{100 \times Db}{\sqrt{f_c'}} \times \frac{f_y}{400}$

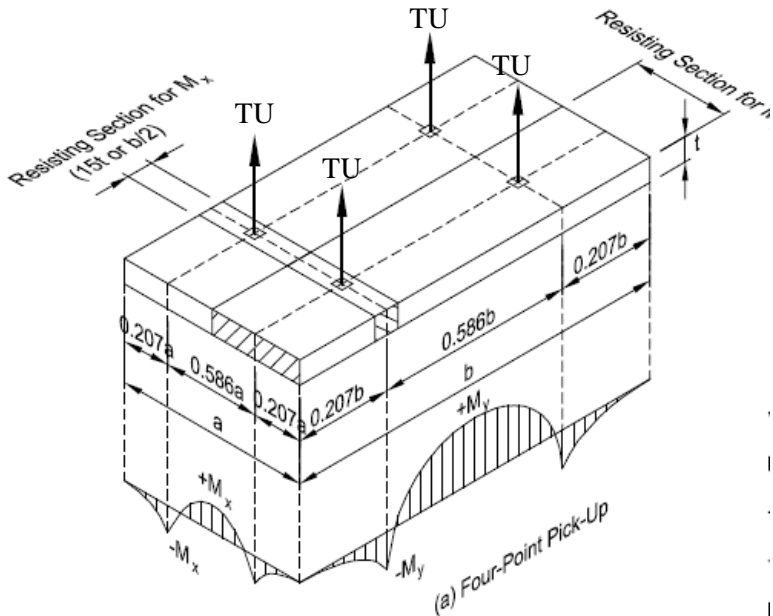
$$= \frac{100 \times 10}{\sqrt{40}} \times \frac{420}{400}$$

$$= 191.703 \text{ mm}$$

Makadipakai panjang penyaluran 200 mm

4.4.3.5 Pengangkatan Pelat

Dalam pemasangan pelat pracetak, pelat akan mengalami pengangkatan sehingga perlu direncanakan tulangan angkat untuk pelat. Contoh perhitungan akan diambil pelat tipe B dengan dimensi 4 x 1.5 m dengan 4 titik pengangkatan.



Gambar 4. 27. Jarak Tulangan Angkat
(PCI Design Handbook, Precast and Prestress Concrete, 6th
Edition, 2004)

- **Perhitungan Tulangan Angkat Pelat**

$$\begin{aligned}
 DL &= h_{\text{pracetak}} \times p \times l \times \gamma_{\text{beton}} \\
 &= 0.09 \times 4 \times 1.5 \times 2400 \\
 &= 1296 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$q = K \times DL$$

Dimana,

$K = \text{factor kejut} = 1.2$ (*PCI Design Handbook 6th Edition, 2004*)

$$q = 1.2 \times 1296$$

$$q = 1555.2 \text{ Kg}$$

Gaya angkat Tu setiap tulangan :

$$Tu = \frac{q}{4}$$

$$\frac{1555.2}{4}$$

$$Tu = \frac{100}{4}$$

$$Tu = 3.888 \text{ kN}$$

Menurut PPBBI pasal 2.2.2, Tegangan Tarik ijin Baja adalah sebagai berikut :

$$\sigma_{ijin} = \frac{fy}{1.5}$$

$$\sigma_{ijin} = \frac{420}{1.5}$$

$$\sigma_{ijin} = 2800 \text{ kg/cm}^2$$

Maka diameter tulangan angkat :

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Tu}{\pi \times \sigma}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 3.888 \times 100}{\pi \times 2800}}$$

$$D = 4 \text{ cm} \approx 10 \text{ mm}$$

Maka digunakan tulangan angkat D10

- **Kontrol Tulangan Angkat**

Kontrol momen pengangkatan diperlukan untuk mengetahui tegangan yang terjadi saat pengangkatan dan harus kurang dari tegangan izin yang disyaratkan dalam *PCI Design Handbook 6th Edition, 2004*, pasal 5.3.3.2 .

$$\sigma_{\text{pelat}} < \sigma_{\text{ijin}}$$

Dimana,

$$\sigma_{\text{ijin}} = \frac{0.7 \times \sqrt{f'c'}}{SF}$$

$$\sigma_{\text{ijin}} = \frac{0.7 \times \sqrt{40}}{1.5} = 2.95 \text{ Mpa}$$

- Momen Akibat Berat Sendiri Saat Pengangkatan

Berdasarkan *PCI Design Handbook 6th Edition, 2004*, pasal 5.3.3.2 , momen diperhitungkan dari arah x dan arah y, diambil yang memiliki momen paling besar.

$$M_x = 0.0107 \times 216 \times 4^2 \times 1.5$$

$$M_x = 20.8 \text{ kgm}$$

$$M_y = 0.0107 \times 216 \times 4 \times 1.5^2$$

$$M_y = 55.47 \text{ kgm (menentukan)}$$

$$Z = \frac{1}{6} \times \frac{a}{2} \times (h \text{ pracetak})^2$$

$$Z = \frac{1}{6} \times \frac{400}{2} \times (9)^2$$

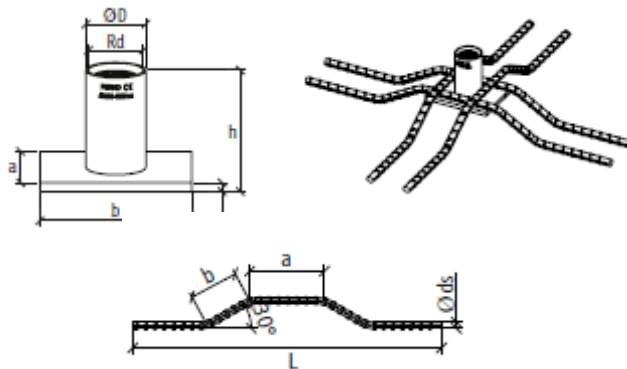
$$Z = 2700 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_{\text{Pelat}} = \frac{55.47 \times 10000}{2700 \times 1000}$$

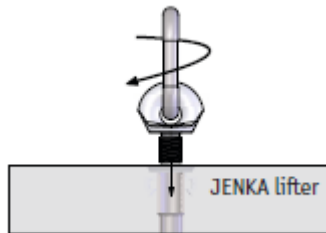
$$\sigma_{\text{pelat}} = 0.14184 \text{ Mpa} < \sigma_{\text{ijin}} = 2.95 \text{ Mpa (OK)}$$

• Pemilihan Profil Tulangan Angkat

Tulangan angkat yang digunakan adalah jenis *Jenka Lifting System* dari *Peikko Group*. Tipe yang digunakan adalah *Jenka PSA Short Insert* dengan kait *JL*. Disetiap titik angkat, profil ini dapat mengangkat beban sebesar 4 kN dengan sudut $0^\circ - 90^\circ$.



Gambar 4. 28. Profil PSA dan Perkuatan



Gambar 4. 29. Kait *Jenka Lifter*

4.4.3.6 Kontrol Lendutan Pelat

Kontrol lendutan dihitung untuk mengetahui besarnya lendutan yang terjadi saat komposit, dimana beban hidup sudah mulai bekerja. Pehitungan lendutan pelat dihitung berdasarkan SNI 2847:2013, pasal 9.5. sebagai berikut:

- Data Perencanaan

$$\begin{aligned} h &: 140 \text{ mm} \\ b &: 9000 \text{ mm} \\ y_t &: \frac{h}{2} = \frac{140}{2} = 70 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Lendutan Pelat Akibat Beban Mati Saja

$$q \text{ pelat} : 3870 \text{ kg/m}$$

$$I_g = \frac{1}{12} \times b \times h^3$$

$$I_g = \frac{1}{12} \times 9000 \times 140^3$$

$$I_g = 2058000000 \text{ mm}^4$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.5.2.3, diketahui nilai f_r sebagai berikut :

$$fr = 0.62 \sqrt{fc}$$

$$fr = 0.62 \sqrt{40}$$

$$fr = 3.92 \text{ Mpa}$$

$$Mcr = \frac{fr \times Ig}{yt}$$

$$Mcr = \frac{3.92 \times 2058000000}{70 \times 10^6}$$

$$Mcr = 115.28 \text{ kNm}$$

$$Ma = Md = \frac{1}{8} \times q \times l^2$$

$$Ma = Md = \frac{\frac{1}{8} \times 3870 \times 3.55^2}{100}$$

$$Ma = Md = 60.96 \text{ kNm}$$

$$Mcr > Ma$$

$$115.28 \text{ kNm} > 60.96 \text{ kNm} \rightarrow \text{idak perlu transformasi}$$

Sehingga,

$$Mcr = Ma$$

$$Ie = Ig$$

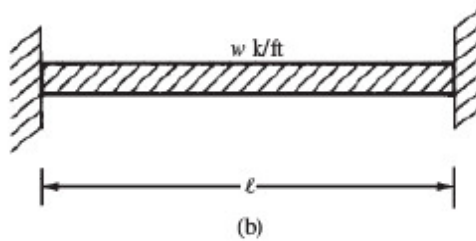
$$Ie = 2058000000 \text{ mm}^4$$

$$Ec = 4700 \sqrt{fc'}$$

$$Ec = 4700 \sqrt{40}$$

$$Ec = 29725.41 \text{ Mpa}$$

Defleksi yang terjadi pada pelat lantai dan pelat direncanakan sesuai dengan gambar 4.



Gambar 4. 30. Defleksi pada Pelat

$$\delta D = \frac{5 \times q \times l^4}{384 \times E \times I_e}$$

$$\delta D = \frac{5 \times 38.70 \times 3550^4}{384 \times 29725.41 \times 2058000000}$$

$$\delta D = 1.31 \text{ mm}$$

• Lendutan Pelat Akibat Beban Mati dan Hidup

q pelat : 5521.2 kg/m

$$I_g = \frac{1}{12} \times b \times h^3$$

$$I_g = \frac{1}{12} \times 9000 \times 140^3$$

$$I_g = 2058000000 \text{ mm}^4$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.5.2.3, diketahui nilai f_r sebagai berikut :

$$f_r = 0.62 \sqrt{f_c}$$

$$f_r = 0.62 \sqrt{40}$$

$$f_r = 3.92 \text{ Mpa}$$

$$M_{cr} = \frac{f_r \times I_g}{y_t}$$

$$M_{cr} = \frac{3.92 \times 2058000000}{70 \times 10^6}$$

$$M_{cr} = 115.28 \text{ kNm}$$

$$M_a = M_d = \frac{1}{8} \times q \times l^2$$

$$M_a = M_d = \frac{\frac{1}{8} \times 5521.2 \times 3.55^2}{100}$$

$$M_a = M_d = 86.98 \text{ kNm}$$

$$M_{cr} > M_a$$

$$115.28 \text{ kNm} > 86.98 \text{ kNm} \rightarrow \text{tidak perlu transformasi}$$

Sehingga,

$$M_{cr} = M_a$$

$$I_e = I_g$$

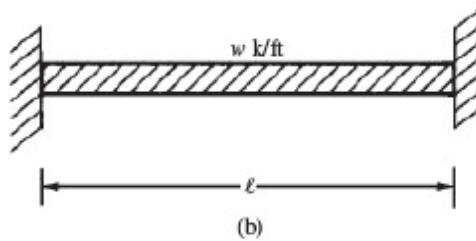
$$I_e = 2058000000 \text{ mm}^4$$

$$E_c = 4700\sqrt{f'c'}$$

$$E_c = 4700\sqrt{40}$$

$$E_c = 29725.41 \text{ Mpa}$$

Defleksi yang terjadi pada pelat lantai dan pelat direncanakan sesuai dengan gambar 4.



Gambar 4. 31. Defleksi pada Pelat

$$\delta D = \frac{5 \times q \times l^4}{384 \times E \times I_e}$$

$$\delta D = \frac{5 \times 55.212 \times 3550^4}{384 \times 29725.41 \times 2058000000}$$

$$\delta(D + L) = 1.86 \text{ mm}$$

Lendutan yang dihitung pada pelat adalah lendutan yang terjadi akibat beban hidup yang terjadi pada pelat, sehingga didapatkan lendutan seketika akibat beban hidup sebagai berikut :

$$\delta L = \delta(D + L) - \delta D$$

$$\delta L = 1.86 - 1.31$$

$$\delta L = 0.558 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847 : 2013 pasal 9.5.2.5, lendutan jangka panjang yang terjadi pada pelat dihitung berdasarkan factor tergantung waktu, sebagai berikut:

Duration of Load	Time Factor ξ
5 years or more	2.0
12 months	1.4
6 months	1.2
3 months	1.0

Gambar 4. 32. Faktor Lendutan Jangka Panjang

Sehingga didapatkan lendutan jangka panjang akibat beban hidup yang terjadi pada pelat, sebagai berikut :

$$\delta L(\text{long term}) = \delta L(\text{short term}) \times \epsilon$$

$$\delta L(\text{long term}) = 0,558 \times 2$$

$$\delta L(\text{long term}) = 1,12 \text{ mm}$$

Lendutan izin yang disyaratkan dalam SNI 2847:2013 pasal 9.5.3.1 tabel 9.5(a) adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 23. Lendutan Izin Maksimum

Jenis komponen struktur	Lendutan yang diperhitungkan	Batas lendutan
Atap datar yang tidak menumpu atau tidak disatukan dengan komponen nonstruktural yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar	Lendutan seketika akibat beban hidup L	$l/180^a$
Lantai yang tidak menumpu atau tidak disatukan dengan komponen nonstruktural yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar	Lendutan seketika akibat beban hidup L	$l/360$
Jenis komponen struktur	Lendutan yang diperhitungkan	Batas lendutan
Konstruksi atap atau lantai yang menumpu atau disatukan dengan komponen nonstruktural yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar	Bagian dari lendutan total yang terjadi setelah pemasangan komponen nonstruktural (jumlah dari lendutan jangka panjang, akibat semua beban tetap yang bekerja, dan lendutan seketika, akibat penambahan beban hidup) ^b	$l/480^c$
Konstruksi atap atau lantai yang menumpu atau disatukan dengan komponen nonstruktural yang mungkin tidak akan rusak oleh lendutan yang besar.	Bagian dari lendutan total yang terjadi setelah pemasangan komponen nonstruktural (jumlah dari lendutan jangka panjang, akibat semua beban tetap yang bekerja, dan lendutan seketika, akibat penambahan beban hidup) ^b	$l/240^d$
^a Batasan ini tidak dimaksudkan untuk mencegah kemungkinan penggenangan air. Kemungkinan penggenangan air harus diperiksa dengan melakukan perhitungan lendutan, termasuk lendutan tambahan akibat adanya penggenangan air tersebut, dan mempertimbangkan pengaruh jangka panjang dari beban yang selalu bekerja, lawan lendut (camber), toleransi konstruksi, dan keandalan sistem drainase. ^b Lendutan jangka panjang harus dihitung berdasarkan ketentuan 9.5.2.5 atau 9.5.4.3, tetapi boleh dikurangi dengan nilai lendutan yang terjadi sebelum penambahan komponen non-struktur. Besarnya nilai lendutan ini harus ditentukan berdasarkan data teknis yang dapat diterima berkenaan dengan karakteristik hubungan waktu dan lendutan dari komponen struktur yang serupa dengan komponen struktur yang ditinjau. ^c Batas lendutan boleh dilampaui bila langkah pencegahan kerusakan terhadap komponen yang ditumpu atau yang disatukan telah dilakukan. ^d Batas lendutan tidak boleh lebih besar dari toleransi yang disediakan untuk komponen non-struktur. Batasan ini boleh dilampaui bila ada lawan lendut yang disediakan sedemikian hingga lendutan total dikurangi lawan lendut tidak melebihi batas lendutan yang ada.		

Sehingga didapatkan lendutan izin pelat lantai sebagai berikut :

$$\delta_{izin} = \frac{l}{\frac{480}{4000}}$$

$$\delta_{izin} = \frac{480}{4000}$$

$$\delta_{izin} = 8.33 \text{ mm}$$

$$\delta_{izin} > \delta L(\text{long term})$$

$$8.33 \text{ mm} > 1.12 \text{ mm (OK !)}$$

Berikut tabel rekapitulasi penulangan pelat lantai pada hotel Swiss-Belinn:

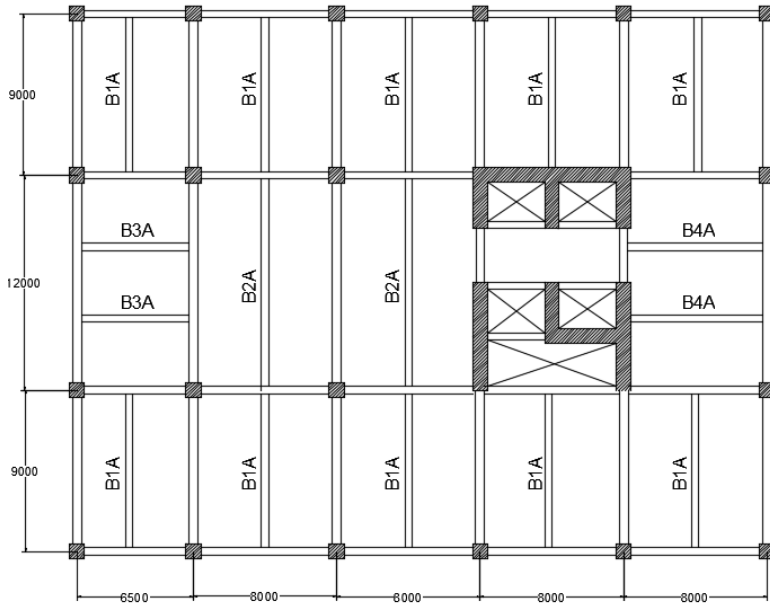
4.4.4 Perencanaan Balok Anak Pracetak

Pada perencanaan balok anak, beban yang diterima oleh balok anak berupa beban persegi biasa. Itu dikarenakan pelat pracetak hanya menumpu dua titik tumpu, titik tumpu pertama ada di balok induk serta titik tumpu yang kedua berada di balok anak.

4.4.4.1 Data Perencanaan Balok Anak Pracetak

Dalam perhitungan bab ini, akan dilakukan perhitungan dengan beberapa kondisi. Kondisi tersebut antara lain saat balok komposit, sebelum komposit dan saat pengangkatan. Berdasarkan kondisi tersebut maka terdapat dua dimensi balok anak yaitu dimensi sebelum komposit dan dimensi sesudah komposit. Contoh perhitungan pada balok anak B1A:

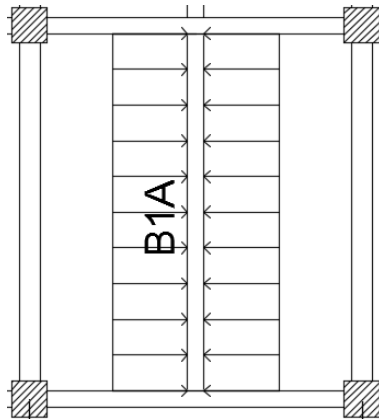
- Dimensi Komposit : 40 x 55 cm
- Dimensi Halfbeam : 40 x 41 cm
- Tebal Overtopping Balok : 14 cm
- f_c' : 40 Mpa
- f_y : 420 Mpa
- L : 9 m
- L_x : $L - b_{\text{balok induk}}$
: 9 – 0.4 m
: 8.6 m
- $D_{\text{longitudinal}}$: 25 mm
- $D'_{\text{transversal}}$: 10 mm
- Decking (d') : 40 mm



Gambar 4. 33. Denah Balok Anak

4.4.4.2 Pembebanan Balok Anak Pracetak

Beban yang bekerja pada balok anak adalah berat sendiri anak tersebut dan semua beban merata pada pelat (termasuk berat sendiri pelat dan berat hidup merata di atasnya). Distribusi beban pada balok pendukung sedemikian rupa sehingga dianggap sebagai beban persegi panjang pada bentang balok anak dikarenakan pelat yang menumpu pada balok anak adalah pelat satu arah. Beban berbentuk persegi panjang yang dimaksud dapat dilihat pada gambar 4.22. berikut:



Gambar 4. 34. Distribusi Beban pada Balok Anak Sebelum Komposit

➤ **Pembebanan Sebelum Komposit**

Pembebanan sebelum komposit terjadi pada saat komponen balok anak sudah terinstall dan sedang dalam proses pengecoran overtopping, namun beban hidup pada lantai belum bekerja.

- **Beban Mati**

- Berat sendiri Balok : $b_{\text{halfbeam}} \times h_{\text{halfbeam}} \times \gamma_{\text{beton}}$
 : $0.4 \times 0.41 \times 2400$
 : 393.6 kg/m

- Berat Overtopping : $b_{\text{halfbeam}} \times t_{\text{overtopping}} \times \gamma_{\text{beton}}$
 : $0.4 \times 0.14 \times 2400$
 : 134.4 kg/m

- Berat Pelat : 336 kg/m²
 (berdasarkan Perhitungan Pelat lantai)

- Luas Pelat : $P_{\text{pelat}} \times L_{\text{pelat}}$ (pelat type 4)
 : 4 m x 9 m
 : 36 m²
- qd : 393.6 + 134.4 + (336 x 36)
 : 1934.512 kg/m

- Kombinasi Beban
 qu : 1.4 x qd
 qu : 1.4 x 1934.512
 qu : 2708.316 kg/m

➤ **Pembebanan Saat Pengangkatan**

- **Beban Mati**
 - Berat Sendiri : $b_{\text{halfbeam}} \times h_{\text{halfbeam}} \times \gamma_{\text{beton}}$
 : 0.4 x 0.41 x 2400
 : 393.6 kg/m
 - qd : 393.6 kg/m
- Kombinasi Beban
 qu : 1.4 x qd
 qu : 1.4 x 393.6
 qu : 551.04 kg/m

4.4.4.3 Perhitungan Tulangan Lentur Balok Anak

Sebelum melakukan perhitungan tulangan lentur pada balok anak, perlu dihitung rasio tulangan minimum dan maksimum pada tulangan, sebagai berikut :

$$\rho_{\min} = \frac{0.25 \sqrt{f'_{ci}}}{f_y} \text{ (SNI 2847:2013 pasal 10.5.1)}$$

$$\rho_{\min} = \frac{0.25 \sqrt{40}}{420} = 0.003765 \text{ (menentukan)}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} \text{ (SNI 2847:2013 pasal 10.5.1)}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{420} = 0.003333$$

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(f_c' - 28)}{7} \text{ (SNI 2847 : 2013 pasal 10.2.7.3)}$$

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(40 - 28)}{7} = 0.764$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \text{ (SNI 2847:2013 lampiran B (8.4.2))}$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times 0.764 \times 40}{420} \left(\frac{600}{600 + 420} \right) = 0.036395$$

$$\rho_{\max} = 0.025 \text{ (menentukan) (SNI 2847:2013 psl 21.5.2.1)}$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \times \rho_b \text{ (SNI 2847:2013 Lampiran B (10.3.3))}$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \times 0.036395 = 0.027296$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 \times f_c'} = \frac{420}{0.85 \times 40} = 12.35$$

a. Perhitungan Tulangan Lentur Setelah Komposit

$$dx = h - d' - D' - \frac{1}{2}D$$

$$dx = 550 - 40 - 10 - \frac{1}{2}25 = 487.5 \text{ mm}$$

Momen yang terjadi pada balok anak setelah balok anak komposit diambil dari hasil permodelan pada program bantu ETABS.

$$M_{\text{tumpuan}} = 27633.4 \text{ kgm}$$

$$M_{\text{lapangan}} = 13673.76 \text{ kgm}$$

$$V_u = 7770.93 \text{ kg}$$

- Tulangan Negatif di Tumpuan

$$R_n = \frac{Mu}{\phi \times bw \times dx} = \frac{27633.4 \times 10^6}{0.9 \times 400 \times 487.5} = 3.88 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{12.35} x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 x 12.35 x 3.88}{420}} \right) = 0.0098$$

$\rho_{min} < \rho$, maka dipakai $\rho = 0.0098$

$$AS_{perlu} = \rho x bw x dx$$

$$AS_{perlu} = 0.0098 x 400 x 487.5 = 1915.734 \text{ mm}^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} x \pi x D^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} x \pi x 25^2 = 491.074$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS \text{ perlu}}{AS (D25)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{1915.734}{491.074}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 4 \text{ buah}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n x D(25) - 2 x d' - 2 x D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{400 - 4 x 25 - 2 x 40 - 2 x 10}{4 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 66.67 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

$$As \text{ pakai} = n x A (D25)$$

$$As \text{ pakai} = 4 x 491.074 = 1964.28 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan Lentur negatif tumpuan 4D25

- Kontrol Kekuatan

$$\rho = \frac{AS_{pakai}}{bw x dx}$$

$$\rho = \frac{1964.28}{400 x 487.5} = 0.010073 > 0.0098 \text{ (ok)}$$

$$a = \frac{AS x f_y}{0.85 x bw x f_c'}$$

$$a = \frac{1964.28 \times 420}{0.85 \times 400 \times 40} = 60.66 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1}$$

$$c = \frac{60.66}{0.764} = 79.37 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_t = \frac{d - c}{c} \times 0.003$$

$$\varepsilon_t = \frac{487.5 - 79.37}{7937} \times 0.003 = 0.0154 > 0.005 \text{ (ok)}$$

Maka factor Reduksi $\phi = 0.9$ dapat digunakan.

- Tulangan Positif di Tumpuan

$$AS_{perlu} = \frac{1915.734}{2} = 957.8672 \text{ mm}^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 491.074$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS \text{ perlu}}{AS(D25)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{957.8672}{491.074}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 2 \text{ buah}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times D(25) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{400 - 2 \times 25 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 250 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

Maka digunakan tulangan Lentur negatif tumpuan 2D25

- Tulangan Positif di Lapangan

$$Rn = \frac{Mu}{\phi \times bw \times dx} = \frac{13667.35 \times 10^6}{0.9 \times 400 \times 487.5} = 1.92 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{12.35} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.35 \times 1.92}{420}} \right) = 0.0047$$

$\rho_{min} < \rho$, maka dipakai $\rho = 0.0047$

$$AS_{perlu} = \rho \times bw \times dx$$

$$AS_{perlu} = 0.0047 \times 400 \times 487.5 = 916.6318 \text{ mm}^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 491.074$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS_{perlu}}{AS(D25)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{916.6318}{491.074}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 2 \text{ buah}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times D(25) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{400 - 2 \times 25 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 250 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

$$AS \text{ pakai} = 2 \times 491.074 = 982.1429 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan Lentur Positif Lapangan 4D25

- Kontrol Kekuatan

$$\rho = \frac{AS_{pakai}}{bw \times dx}$$

$$\rho = \frac{982.1429}{400 \times 487.5} = 0.005 > 0.0047(ok)$$

$$a = \frac{AS \times f_y}{0.85 \times b_w \times f_c'}$$

$$a = \frac{982.1429 \times 420}{0.85 \times 400 \times 40} = 30.33 \text{ mm}$$

$$c = \frac{\beta_1}{\beta_1}$$

$$c = \frac{30.33}{0.764} = 39.66 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_t = \frac{d - c}{c} \times 0.003$$

$$\varepsilon_t = \frac{487.5 - 39.66}{39.66} \times 0.003 = 0.034 > 0.005 (ok)$$

Maka factor Reduksi $\phi = 0.9$ dapat digunakan.

- Tulangan Negatif di Lapangan

$$AS_{perlu} = \frac{916.6318}{2} = 458.3159 \text{ mm}^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 491.074$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS \text{ perlu}}{AS (D25)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{458.3159}{491.074}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 2 \text{ buah}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{b_w - n \times D(25) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{400 - 2 \times 25 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 250 \text{ mm} > 25 \text{ mm} (ok)$$

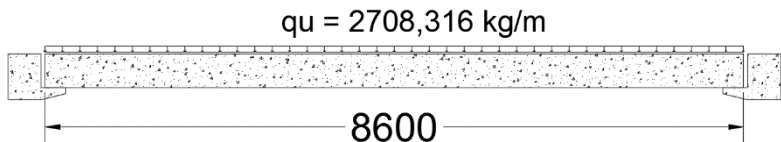
Maka digunakan tulangan Lentur negatif Lapangan 2D25

b. Perhitungan Tulangan Lentur Sebelum Komposit

$$dx = h - d' - D' - \frac{1}{2}D$$

$$dx = 410 - 40 - 10 - \frac{1}{2}25 = 347.5 \text{ mm}$$

Momen yang terjadi pada balok anak sebelum balok anak komposit dihitung dengan beranggapan tumpuan pada balok anak adalah tumpuan sederhana, sehingga momen pada tumpuan dianggap tidak ada.



Gambar 4. 35. Pembebanan Balok Anak

$$M_{\text{tumpuan}} = 0 \text{ kgm}$$

$$M_{\text{lapangan}} = \frac{1}{8} \times q_u \times Lx^2 = \frac{1}{8} \times 2708.316 \times 8.6^2$$

$$M_{\text{lapangan}} = 25038.38 \text{ kgm}$$

- Tulangan Negatif di Tumpuan

Pada perencanaan, momen di tumpuan dianggap nol karena balok anak dianggap tertumpu sederhana di konsol. Sehingga pmin pada perencanaan tulangan di tumpuan.

$$AS_{\text{perlu}} = \rho \times bw \times dx$$

$$AS_{\text{perlu}} = 0.003765 \times 400 \times 347.5 = 523.28 \text{ mm}^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 491.074$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS_{\text{perlu}}}{AS(D25)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{523.28}{491.074}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 2 \text{ buah}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times D(25) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{400 - 2 \times 25 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 250 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

$$As \text{ pakai} = n \times A (D25)$$

$$As \text{ pakai} = 2 \times 491.074 = 982.1429 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan Lentur negatif tumpuan 2D25

- Tulangan Positif di Tumpuan

Pada perencanaan, momen di tumpuan dianggap nol karena balok anak dianggap tertumpu sederhana di konsol. Sehingga pmin pada perencanaan tulangan di tumpuan.

$$AS_{perlu} = \rho \times bw \times dx$$

$$AS_{perlu} = 0.003765 \times 400 \times 347.5 = 523.28 \text{ mm}^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 491.074$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS \text{ perlu}}{AS (D25)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{523.28}{491.074}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 2 \text{ buah}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times D(25) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S_{tulangan} = \frac{400 - 2 \times 25 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S_{tulangan} = 250 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

Maka digunakan tulangan Lentur negatif tumpuan 2D25

- Tulangan Positif di Lapangan

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b_w \times d_x} = \frac{25038.38 \times 10^6}{0.9 \times 400 \times 347.5} = 5.76 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{12.35} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.35 \times 5.76}{420}} \right) = 0.015$$

$\rho_{min} < \rho$, maka dipakai $\rho = 0.015$

$$A_{Sperlu} = \rho \times b_w \times d_x$$

$$A_{Sperlu} = 0.015 \times 400 \times 347.5 = 2101.607 \text{ mm}^2$$

$$A_S(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$A_S(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 491.074$$

$$n_{tulangan} = \frac{A_{Sperlu}}{A_S(D25)}$$

$$n_{tulangan} = \frac{2101.67}{491.074}$$

$$n_{tulangan} \approx 5 \text{ buah}$$

$$S_{tulangan} = \frac{b_w - n \times D(25) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S_{tulangan} = \frac{400 - 5 \times 25 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{5 - 1}$$

$$S_{tulangan} = 43.75 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

Maka digunakan tulangan Lentur Positif Lapangan 5D25

- Kontrol Kekuatan

$$\rho = \frac{A_{Spakai}}{b_w \times d_x}$$

$$\rho = \frac{2455.357}{400 \times 347.5} = 0.018 > 0.015(ok)$$

$$a = \frac{A_S \times f_y}{0.85 \times b_w \times f_c'}$$

$$a = \frac{2455.357 \times 420}{0.85 \times 400 \times 40} = 75.83 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1}$$

$$c = \frac{75.83}{0.764} = 99.21 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_t = \frac{d - c}{c} \times 0.003$$

$$\varepsilon_t = \frac{347.5 - 99.21}{99.21} \times 0.003 = 0.0075 > 0.005 (ok)$$

Maka factor Reduksi $\phi = 0.9$ dapat digunakan.

- Tulangan Negatif di Lapangan

$$A_{Sperlu} = \rho \times b_w \times d_x$$

$$A_{Sperlu} = 0.003765 \times 400 \times 347.5 = 523.28 \text{ mm}^2$$

$$A_S(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$A_S(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 491.074$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{A_S \text{ perlu}}{A_S(D25)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{523.28}{491.074}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 2 \text{ buah}$$

$$S_{tulangan} = \frac{bw - n \times D(25) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S_{tulangan} = \frac{400 - 2 \times 25 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S_{tulangan} = 250 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

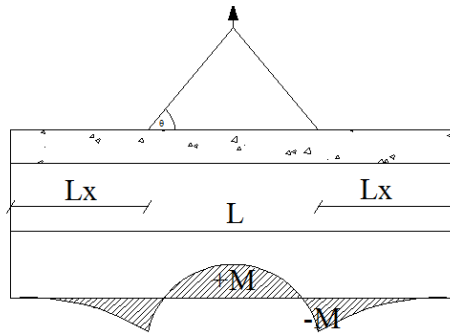
Maka digunakan tulangan Lentur negatif tumpuan 2D25

c. Perhitungan Tulangan Lentur Saat Pengangkatan

$$dx = h - d' - D' - \frac{1}{2}D$$

$$dx = 410 - 40 - 10 - \frac{1}{2}25 = 347.5 \text{ mm}$$

Pada saat pengangkatan direncanakan titik pengangkatan berada pada daerah tumpuan. Berikut merupakan rencana pengangkatan balok anak.



Gambar 4. 36. Pengangkatan Balok

$$+M = \frac{WL^2}{8} \left(1 - 4X + \frac{4Yc}{Lc \tan \theta} \right)$$

$$-M = \frac{WX^2L^2}{2}$$

$$yt = yb = \frac{h}{2} = \frac{410}{2} = 20.5 \text{ cm}$$

$$I \text{ balok} = \frac{1}{12} x b x h^3 = \frac{1}{12} x 40 x 41^3 = 229736.7 \text{ cm}^4$$

$$Yc = Yt + 5 = 20.5 + 5 = 25.5 \text{ cm}$$

Sudut angkat direncanakan 45°

$$\theta = 45^\circ$$

$$Lx = 8.6 \text{ m}$$

$$X = \frac{1 + \frac{4yc}{Lx \tan \theta}}{2 \left(1 + \sqrt{1 + \frac{Yt}{Yb} x \left(1 + \frac{4yc}{Lx \tan \theta} \right)} \right)}$$

$$X = 0.227771$$

$$X = 860 x 0.227771 = 195.88 \text{ cm}$$

$$W = qu = 551.04 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$+ M = 1057.19 \text{ kgm}$$

$$- M = 1057.175 \text{ kgm}$$

- Tulangan Negatif di Tumpuan

Karena momen yang terjadi pada saat pengangkatan kecil, maka digunakan pmin pada perencanaan tulangan.

$$AS_{perlu} = \rho x bw x dx$$

$$AS_{perlu} = 0.003765 x 400 x 347.5 = 523.28 \text{ mm}^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} x \pi x D^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} x \pi x 25^2 = 491.074$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS_{perlu}}{AS(D25)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{523.28}{491.074}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 2 \text{ buah}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times D(25) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{400 - 2 \times 25 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 250 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

Maka digunakan tulangan Lentur negatif Lapangan 2D25

- Tulangan positif di Tumpuan

Karena momen yang terjadi pada saat pengangkatan kecil, maka digunakan p_{min} pada perencanaan tulangan.

$$AS_{perlu} = \rho \times bw \times dx$$

$$AS_{perlu} = 0.003765 \times 400 \times 347.5 = 523.28 \text{ mm}^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 491.074$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS \text{ perlu}}{AS (D25)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{523.28}{491.074}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 2 \text{ buah}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times D(25) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{400 - 2 \times 25 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 250 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

Maka digunakan tulangan Lentur Positif Tumpuan 2D25

- Tulangan Positif di Lapangan

Karena momen yang terjadi pada saat pengangkatan kecil, maka digunakan pmin pada perencanaan tulangan.

$$AS_{perlu} = \rho \times bw \times dx$$

$$AS_{perlu} = 0.003765 \times 400 \times 347.5 = 523.28 \text{ mm}^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 491.074$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS_{perlu}}{AS(D25)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{523.28}{491.074}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 2 \text{ buah}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times D(25) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{400 - 2 \times 25 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 250 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

Maka digunakan tulangan Lentur Positif Lapangan 2D25

- Tulangan Negatif di Lapangan

Karena momen yang terjadi pada saat pengangkatan kecil, maka digunakan pmin pada perencanaan tulangan.

$$AS_{perlu} = \rho \times bw \times dx$$

$$AS_{perlu} = 0.003765 \times 400 \times 347.5 = 523.28 \text{ mm}^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 491.074$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS_{perlu}}{AS(D25)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{523.28}{491.074}$$

$n \text{ tulangan} \approx 2 \text{ buah}$

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times D(25) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{400 - 2 \times 25 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 250 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

Maka digunakan tulangan Lentur negatif Lapangan 2D25

4.4.4.4 Perhitungan Tulangan Geser Balok Anak

a. Perhitungan Tulangan Setelah Komposit

$$V_u = 7770.93 \text{ kg} = 77.7093 \text{ kN}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{f'c'} \times bw \times dx$$

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{40} \times 400 \times 487.5 = 205548 \text{ N} = 205.548 \text{ kN}$$

$$\phi V_c = 0.9 \times 205.548 \text{ kN} = 184.9932$$

$$0.5 \phi V_c = 0.5 \times 184.9932 = 92.45 \text{ kN}$$

$V_u < 0.5 \phi V_c \rightarrow$ Dikarenakan nilai V_u terlalu kecil maka digunakan tulangan geser minimum.

$$V_{s \text{ min}} = \frac{V_u}{\phi}$$

$$V_{s \text{ min}} = \frac{77.7093}{0.9} = 86.34 \text{ kN}$$

$$A_s D10 = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$A_s D10 = \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 = 78.57 \text{ mm}^2$$

$$A_v = 2 \times A_s D10$$

$$A_v = 2 \times 78.57 = 157.14 \text{ mm}^2$$

$$S_{maks} = \frac{A_v \times f_y \times dx}{V_s}$$

$$S_{maks} = \frac{157.4 \times 420 \times 487.5}{86.34 \times 1000} = 372.64 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847 : 2013 psl 21.5.3.2 syarat jarak maksimum antar sengkang tertutup tidak boleh lebih besar dari nilai yang terkecil dibawah ini :

$$\frac{d}{4} = \frac{487.5}{4} = 121.875 \text{ mm}$$

$$6 d_b = 6 \times 25 = 150 \text{ mm}$$

$$< 150 \text{ mm}$$

Dari Syarat di atas, maka digunakan tulangan geser Tumpuan D10-120 mm

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.3.4 Bila sengkang tertutup tidak diperlukan, sengkang dengan kait gempa pada kedua ujung harus dispasikan dengan jarak tidak lebih dari:

$$\frac{d}{2} = \frac{487.5}{2} = 243.75 \text{ mm}$$

Dari Syarat di atas, maka digunakan tulangan geser Lapangan D10-240 mm

b. Perhitungan Tulangan Sebelum Komposit

$$V_u = q_u \times L_x$$

$$V_u = 2708.316 \times 8.6 = 11645.76 \text{ kg} = 116.4576 \text{ kN}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{f'c} \times b_w \times d_x$$

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{40} \times 400 \times 347.5 = 146518.9 \text{ N} = 146.52 \text{ kN}$$

$$\phi V_c = 0.9 \times 146.52 \text{ kN} = 131.867 \text{ kN}$$

$$0.5 \phi V_c = 0.5 \times 131.867 = 65.93 \text{ kN}$$

$$0.5 \phi V_c < V_u < \phi V_c \rightarrow \text{Diperlukan tulangan minimum}$$

$$V_s \text{ min} = \frac{V_u}{\phi}$$

$$V_s \text{ min} = \frac{116.4576}{0.9} = 129.3973 \text{ kN}$$

$$A_s D10 = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$A_s D10 = \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 = 78.57 \text{ mm}^2$$

$$A_v = 2 \times A_s D10$$

$$A_v = 2 \times 78.57 = 157.14 \text{ mm}^2$$

$$S \text{ maks} = \frac{A_v \times f_y \times dx}{V_s}$$

$$S \text{ maks} = \frac{157.4 \times 420 \times 347.5}{129.3973 \times 1000} = 177.24 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847 : 2013 psl 21.5.3.2 syarat jarak maksimum antar sengkang tertutup tidak boleh lebih besar dari nilai yang terkecil dibawah ini :

$$\frac{d}{4} = \frac{347.5}{4} = 86.875 \text{ mm}$$

$$6 \text{ db} = 6 \times 25 = 150 \text{ mm}$$

$$< 150 \text{ mm}$$

Dari Syarat di atas, maka digunakan tulangan geser Tumpuan D10-80 mm

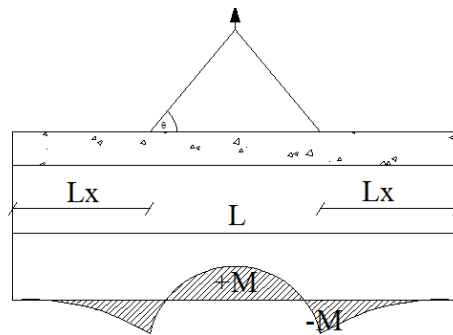
Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.3.4 Bila sengkang tertutup tidak diperlukan, sengkang dengan kait gempa pada kedua ujung harus dispasikan dengan jarak tidak lebih dari:

$$\frac{d}{2} = \frac{347.5}{2} = 173.75 \text{ mm}$$

Dari Syarat di atas, maka digunakan tulangan geser Lapangan D10-160 mm

4.4.4.5 Pengangkatan Balok Anak

Dalam pemasangan balok anak pracetak, balok akan mengalami pengangkatan sehingga perlu direncanakan tulangan angkat untuk pelat. Contoh perhitungan akan diambil balok tipe B1a dengan dimensi 40 x 41 cm dengan 2 titik pengangkatan.



Gambar 4. 37. Titik Angkat Balok Anak

- **Perhitungan Tulangan Angkat Pelat**

$$\begin{aligned} DL &= h_{\text{pracetak}} \times b_{\text{pracetak}} \times l_x \times \gamma_{\text{beton}} \\ &= 0.41 \times 0.4 \times 8.6 \times 2400 \\ &= 3384.96 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$q = K \times DL$$

Dimana,

$K = \text{factor kejut} = 1.2$ (*PCI Design Handbook 6th Edition, 2004*)

$$q = 1.2 \times 3384.96$$

$$q = 4061.952 \text{ Kg}$$

Gaya angkat Tu setiap tulangan :

$$Tu = \frac{q}{4}$$

$$Tu = \frac{4061.952}{100}$$

$$Tu = \frac{2}{2}$$

$$Tu = 20.31 \text{ kN}$$

Menurut PPBBI pasal 2.2.2, Tegangan Tarik ijin Baja adalah sebagai berikut :

$$\sigma_{ijin} = \frac{fy}{1.5}$$

$$\sigma_{ijin} = \frac{420}{1.5}$$

$$\sigma_{ijin} = 2800 \text{ kg/cm}^2$$

Maka diameter tulangan angkat :

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Tu}{\pi \times \sigma}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 20.31 \times 100}{\pi \times 2800}}$$

$$D = 0.9 \text{ cm} \approx 10 \text{ mm}$$

Maka digunakan tulangan angkat D10

- **Kontrol Tulangan Angkat**

Kontrol momen pengangkatan diperlukan untuk mengetahui tegangan yang terjadi saat pengangkatan dan harus kurang dari tegangan izin yang disyaratkan dalam *PCI Design Handbook 6th Edition, 2004*, pasal 5.3.3.2 .

$$\sigma_{\text{pelat}} < \sigma_{\text{ijin}}$$

Dimana,

$$\sigma_{\text{ijin}} = \frac{0.7 \times \sqrt{fc'}}{SF}$$

$$\sigma_{\text{ijin}} = \frac{0.7 \times \sqrt{40}}{1.5} = 2.95 \text{ Mpa}$$

- Momen Akibat Berat Sendiri Saat Pengangkatan

Momen diperhitungkan sesuai perencanaan titik pengangkatan, dimana titik pengangkatan berada pada daerah tumpuan, sehingga momen yang terjadi adalah sebagai berikut:

$$+ M = 1057,19 \text{ kgm}$$

$$- M = 1057,175 \text{ kgm}$$

$$Z = \frac{1}{6} \times b \times (h \text{ pracetak})^2$$

$$Z = \frac{1}{6} \times 0.40 \times (0.41)^2$$

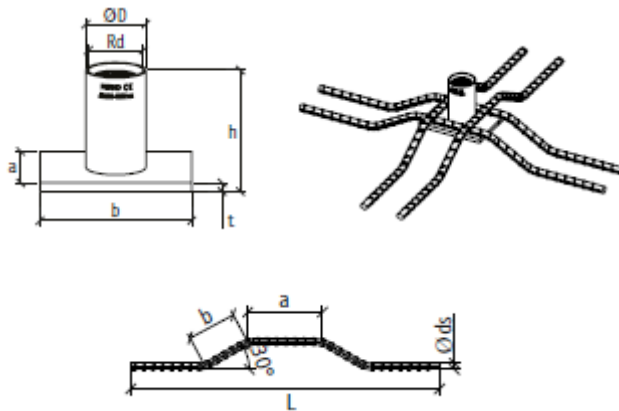
$$Z = 0.011207 \text{ m}^3$$

$$\sigma_{\text{Pelat}} = \frac{1057.19}{0.011207} \times \frac{10}{1000000}$$

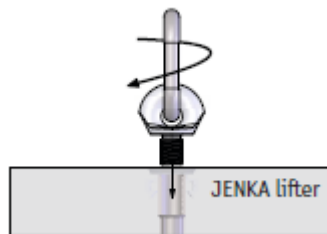
$$\sigma_{\text{pelat}} = 0.94 \text{ Mpa} < \sigma_{\text{ijin}} = 2.95 \text{ Mpa (OK)}$$

• **Pemilihan Profil Tulangan Angkat**

Tulangan angkat yang digunakan adalah jenis *Jenka Lifting System* dari *Peikko Group*. Tipe yang digunakan adalah *Jenka PSA Short Insert* dengan kait *JL*. Disetiap titik angkat, profil ini dapat mengangkat beban sebesar 25 kN dengan sudut $0^\circ - 90^\circ$.



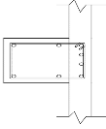
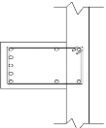
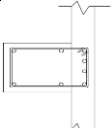
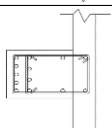
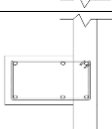
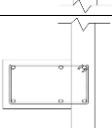
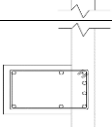
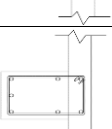
Gambar 4. 38. Profil PSA dan Perkuatan



Gambar 4. 39. Kait *Jenka Lifter*

Berikut merupakan rekapitulasi penulangan balok anak pracetak hotel Swiss-Belinn:

Tabel 4. 25. Rekapitulasi Penulangan Balok Anak

Kode	B1		B2		B3		B4	
Kondisi	Tulangan Tumpuan	Tulangan Lapangan	Tulangan Tumpuan	Tulangan Lapangan	Tulangan Tumpuan	Tulangan Lapangan	Tulangan Tumpuan	Tulangan Lapangan
Sketsa								
	Penampang Balok 400 mm x 550 mm		400 mm x 550 mm		400 mm x 550 mm		400 mm x 550 mm	
	Bentang 9 m		12 m		6,5 m		8 m	
	Decking 40		40		40		40	
Atas	4 D25	2 D25	4 D25	2 D25	2 D25	2 D25	4 D25	2 D25
Tengah	2 D25	2 D25	2 D25	2 D25	2 D25	2 D25	2 D25	2 D25
Bawah	2 D25	5 D25	2 D25	9 D25	2 D25	2 D25	2 D25	3 D25
Sengkang	2 D10 - 80 mm	2 D10 - 160 mm	2 D10 - 80 mm	2 D10 - 160 mm	2 D10 - 80 mm	2 D10 - 160 mm	2 D10 - 80 mm	2 D10 - 160 mm

4.4.5 Perhitungan Gaya Uplift untuk Pelat Basement

Data-data yang dibutuhkan:

- Elevasi Basement = -3,1 m (+0,00 adalah permukaan tanah asli)
- Elevasi Muka Air Tanah = -2,6 m
- Berat Jenis Air = 1 t/m³

Dari data tersebut, dapat dihitung gaya uplift yg bekerja dengan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 q_{\text{air}} &= h_{\text{air}} \times \text{berat jenis air} \\
 &= (-2,6 - (-3,1)) \times 1000 \\
 &= 0,5 \times 1000 \\
 &= 500 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas, didapatkan bahwa $q_{\text{air}} = 500 \text{ kg/m}^2$. Nilai q_{air} tersebut akan menjadi beban uplift pada pelat basement itu sendiri. Dengan menambahkan beban uplift tersebut, didapatkan jumlah penulangan pelat basement seperti pada Tabel 4.26.

Tabel 4. 26. Penulangan Pelat Basement

Pelat Basement				
Tipe	Arah	h pelat	Tulangan	
			X	Y/susut
Tipe 1	1	20	D10-100	D8-150
Tipe 2	2	20	D10-125	D10-250
Tipe 3	1	20	D10-100	D8-150
Tipe 4	1	20	D10-100	D8-150
Tipe 5	1	20	D10-100	D8-150
Tipe 6	1	20	D10-100	D8-150

4.4.6 Perencanaan Lift dan Balok Penumpu Lift

Pada bangunan ini menggunakan lift penumpang dengan data-data sebagai berikut: (brosur terlampir)

- Tipe lift : Passenger Elevators

- Merek : HYUNDAI
- Kapasitas : 11 Orang / 750 kg
- Lebar pintu (opening width) : 800 mm
- Dimensi ruang luncur
(hoistway inside) 2 Car : 3700 x 1930 mm²
- Dimensi sangkar (Car size)
 - Internal : 1400 x 1350 mm²
 - Eksternal : 1460 x 1505 mm²
- Dimensi ruang mesin (2 Car) : 4000 x 3700 mm²
- Beban reaksi pit :
 - R1 = 7100 kg
 - R2 = 5600 kg

Dikarenakan balok penumpu lift terbaring diatas dinding geser, perhitungan penulangan lentur balok penumpu lift hanya menggunakan ρ_{\min} dan tulangan geser minimum.

a. Data perencanaan:

- L = 3000 mm
- F'c = 40 Mpa
- Fy = 420 Mpa
- Tul. lentur (D) = 22 mm
- As tulangan = 380,2857 mm²
- Tul. sengkang (D) = 13 mm
- As tulangan = 132,786 mm²
- B = 300 mm
- H = 450 mm
- Decking = 40 mm
- d = h – (decking + \emptyset sengkang + $\frac{1}{2}$ \emptyset lentur)
- = 386 mm

b. Perhitungan tulangan negatif tumpuan

- $\phi = 0.9$ untuk asumsi kondisi *tension controlled section*; 0.75 untuk geser dan torsi (SNI 2847:2013 pasal 9.3.2.3)
 - $\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(F'_c - 28)}{7}$
 $= 0.85 - 0.05 \frac{(40 - 28)}{7}$
 $= 0.76429$
 - $\rho_b = \frac{0.85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$
 $= \frac{0.85 \times 0.764 \times 40}{420} \left(\frac{600}{600 + 420} \right)$
 $= 0.0364$
 - $\rho_{\max} = 0.75 \rho_b = 0.75 \times 0.0364 = 0.0273$
 - $\rho_{\max} = 0.025$ (menentukan)
 - $\rho_{\min} = \frac{0.25 \times \sqrt{f'_c}}{f_y}$
 $= \frac{0.25 \times \sqrt{40}}{420} = 0.003765$ (menentukan)
 - $\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{420} = 0.003333$
 - Maka dipakai $\rho_{\min} = 0.003765$
 - As perlu $= \rho \cdot b \cdot d$
 $= 0.003765 \times 300 \times 386 = 435,943 \text{ mm}^2$
 - n (jumlah) $= \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ tulangan}}$
 $= \frac{435,943}{380,2857} = 2 \text{ buah}$
 - Jarak tulangan (s) $= \frac{b - n \cdot \phi L - 2d' - 2\phi s}{n - 1}$
 $= 150 \text{ mm} > 25 \text{ mm (OK)}$
- Dipakai tulangan negative tumpuan 2D22

c. Perhitungan tulangan positif tumpuan

- As.min $= \frac{1}{2} \times As = \frac{1}{2} \times 435,943 = 217,971 \text{ mm}^2$
- n (jumlah) $= \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ tulangan}}$
 $= \frac{217,971}{380,2857} = 2 \text{ buah}$

Dipakai tulangan positif tumpuan 2D22

d. Perhitungan tulangan positif lapangan

- $\phi = 0.9$ untuk asumsi kondisi *tension controlled section*; 0.75 untuk geser dan torsi (SNI 2847:2013 pasal 9.3.2.3)
- $\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(F'c - 28)}{7}$
 $= 0.85 - 0.05 \frac{(40 - 28)}{7}$
 $= 0.76429$
- $\rho_b = \frac{0.85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$
 $= \frac{0.85 \times 0.764 \times 40}{420} \left(\frac{600}{600 + 420} \right)$
 $= 0.0364$
- $\rho_{\max} = 0.75 \rho_b = 0.75 \times 0.0364 = 0.0273$
- $\rho_{\max} = 0.025$ (menentukan)
- $\rho_{\min} = \frac{0.25 \times \sqrt{f'c}}{f_y}$
 $= \frac{0.25 \times \sqrt{40}}{420} = 0.003765$ (menentukan)
- $\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{420} = 0.003333$
- Maka dipakai $\rho_{\min} = 0.003765$
- As perlu $= \rho \cdot b \cdot d$
 $= 0.003765 \times 300 \times 386 = 435,943 \text{ mm}^2$
- n (jumlah) $= \frac{\text{As perlu}}{\text{As tulangan}}$
 $= \frac{435,943}{380,2857} = 2 \text{ buah}$
- Jarak tulangan (s) $= \frac{b - n \cdot \phi L - 2d' - 2\phi s}{n - 1}$
 $= 150 \text{ mm} > 25 \text{ mm (OK)}$

Dipakai tulangan positif lapangan 2D22

e. Perhitungan tulangan negatif lapangan

- $As_{min} = \frac{1}{2} \times As = \frac{1}{2} \times 453,943 = 217,971 \text{ mm}^2$
- $n \text{ (jumlah)} = \frac{As_{perlu}}{As_{tulangan}} = \frac{217,971}{380,2857} = 2 \text{ buah}$

Dipakai Tulangan negative lapangan 2D22

f. Perhitungan tulangan geser

- $V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c} \times b_w \times d = 124505 \text{ N}$
- $V_{smin} = \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c} \times b_w \times d = 244128 \text{ N}$
- Termasuk kategori membutuhkan tulangan geser dengan $S_{min} = d/2 = 193 \text{ mm} \approx 150 \text{ mm}$
- $A_v = n \times As_{D13}; \text{ Dipasang } 2D13$
 $= 2 \times 132,786 = 265,571 \text{ mm}^2$

Dipakai 2D13-150 mm

4.5 Perencanaan Struktur Primer

4.5.1 Umum

Struktur utama atau struktur primer adalah suatu komponen yang kekakuannya mempengaruhi perilaku dari suatu gedung. Struktur utama menahan semua kombinasi beban yang berasal dari beban gravitasi dan beban lateral berupa gempa dan angin. Komponen balok induk, kolom dan dinding struktur geser (shear wall) merupakan komponen struktur primer. Berikut adalah perhitungan dalam perencanaan kebutuhan tulangan struktur primer tersebut.

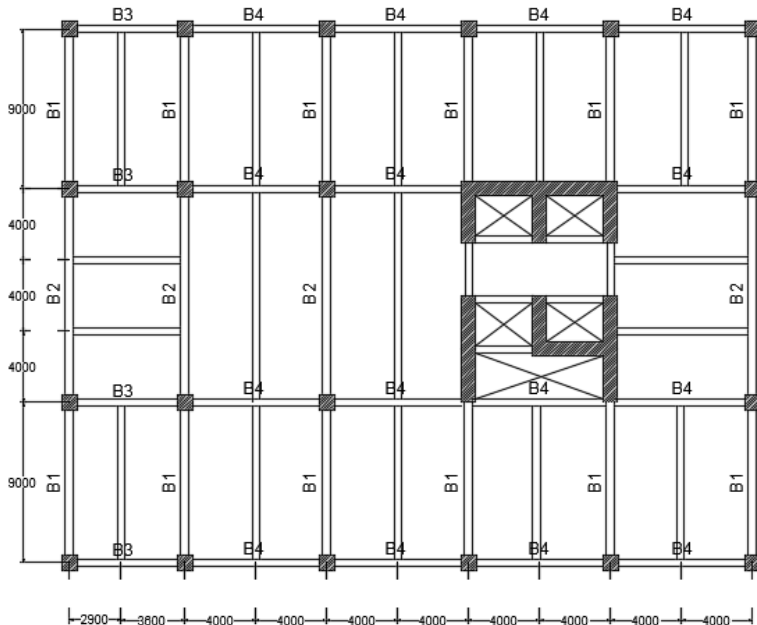
4.5.2 Perencanaan Balok Induk Pracetak

Perencanaan balok induk dalam struktur Gedung Hotel Swiss-Belinn ini menggunakan 2 dimensi balok induk dengan 4 bentang yang berbeda, yaitu :

- Balok Induk B1 dengan dimensi 50/75 cm (bentang 9 m)

- Balok Induk B2 dengan dimensi 50/75 cm (bentang 12 m)
- Balok Induk B3 dengan dimensi 40/70 cm (Bentang 6.5 m)
- Balok Induk B4 dengan dimensi 40/70 cm (bentang 8 m)

Penulangan balok induk dihitung dalam 3 kondisi yaitu kondisi setelah komposit, sebelum komposit dan saat pengangkatan. Dari ketiga kondisi tersebut diambil perhitungan penulangan dengan jumlah kebutuhan terbesar (kritis) yang akan digunakan untuk kebutuhan penulangan balok induk. Pada contoh perhitungan akan dihitung Balok Induk B4 (40/70 cm) dengan bentang 9 m.



Gambar 4. 40. Denah Balok Induk Pracetak

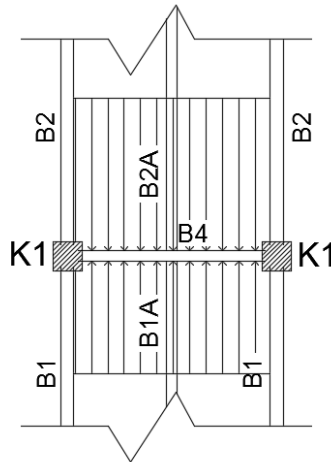
4.5.2.1 Data Perencanaan Balok Induk Pracetak

Berikut merupakan data perencanaan balok induk pracetak tipe B1 pada gedung hotel Swiss-Belinn :

- Dimensi Balok Komposit : 40 x 70 cm
- Dimensi Balok Halfbeam : 40 x 56 cm
- Tebal Overtopping balok : 14 cm
- f_c' : 40 Mpa
- f_y : 420 Mpa
- L : 8 m
- L_x : $L - b_{\text{balok induk melintang}}$
: $8 - 0.5 = 7,5$ m
- D_{lentur} : 25 mm
- D'_{sengkan} : 10 mm
- Decking (d') : 50 mm

4.5.2.2 Perhitungan Pembebanan Balok Induk

Beban yang bekerja pada balok anak adalah berat sendiri anak tersebut dan semua beban merata pada pelat (termasuk berat sendiri pelat dan berat hidup merata di atasnya). Distribusi beban pada balok pendukung sedemikian rupa sehingga dianggap sebagai beban persegi panjang pada bentang balok anak dikarenakan pelat yang menumpu pada balok anak adalah pelat satu arah. Beban berbentuk persegi panjang yang dimaksud dapat dilihat pada gambar 4.31. berikut:



Gambar 4. 41. Distribusi Beban pada Balok Induk Sebelum Komposit

➤ **Pembebanan Sebelum Komposit**

Pembebanan sebelum komposit terjadi pada saat komponen balok anak sudah terinstall dan sedang dalam proses pengecoran overtopping, namun beban hidup pada lantai belum bekerja.

- **Beban Mati**

- Berat sendiri Balok : $b_{\text{halfbeam}} \times h_{\text{halfbeam}} \times \gamma_{\text{beton}}$
: $0.4 \times 0.56 \times 2400$
: 537,6 kg/m
- Berat Overtopping : $b_{\text{halfbeam}} \times t_{\text{overtopping}} \times \gamma_{\text{beton}}$
: $0.4 \times 0.14 \times 2400$

$$\begin{aligned}
 & : 134,4 \text{ kg/m} \\
 \text{- Berat Pelat} & : 336 \text{ kg/m}^2 \\
 & \text{(berdasarkan Perhitungan Pelat lantai)} \\
 \text{- Luas Pelat} & : P_{\text{pelat}} \times L_{\text{pelat}} \\
 & : (6 \times 8) + (4,5 \times 8) \text{ m} \\
 & : 84 \text{ m}^2 \\
 \text{- qd} & : 537,6 + 134,4 + (336 \times 84 / 7,5) \\
 & : 4435,2 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

- Kombinasi Beban
 - qu : $1.4 \times \text{qd}$
 - qu : $1.4 \times 4435,2$
 - qu : $6209,28 \text{ kg/m}$

➤ **Pembebanan Saat Pengangkatan**

- **Beban Mati**
 - Berat Sendiri : $b_{\text{halfbeam}} \times h_{\text{halfbeam}} \times \gamma_{\text{beton}}$

$$: 0.4 \times 0.56 \times 2400$$

$$: 537,6 \text{ kg/m}$$
 - qd : $537,6 \text{ kg/m}$
- **Kombinasi Beban**
 - qu : $1.4 \times \text{qd}$
 - qu : $1.4 \times 537,6$
 - qu : $752,97 \text{ kg/m}$

4.5.2.3 Perhitungan Tulangan Lentur Balok Anak

Sebelum melakukan perhitungan tulangan lentur pada balok induk, perlu dihitung rasio tulangan minimum dan maksimum pada tulangan, sebagai berikut :

$$\rho_{\min} = \frac{0.25 \sqrt{f'c'}}{f_y} \text{ (SNI 2847:2013 pasal 10.5.1)}$$

$$\rho_{\min} = \frac{0.25 \sqrt{40}}{420} = 0.003765 \text{ (menentukan)}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} \text{ (SNI 2847:2013 pasal 10.5.1)}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{420} = 0.003333$$

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(f'c' - 28)}{7} \text{ (SNI 2847 : 2013 pasal 10.2.7.3)}$$

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(40 - 28)}{7} = 0.764$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times \beta_1 \times f'c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \text{ (SNI 2847:2013 lampiran B (8.4.2))}$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times 0.764 \times 40}{420} \left(\frac{600}{600 + 420} \right) = 0.036395$$

$$\rho_{\max} = 0.025 \text{ (menentukan) (SNI 2847:2013 psl 21.5.2.1)}$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \times \rho_b \text{ (SNI 2847:2013 Lampiran B (10.3.3))}$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \times 0.036395 = 0.027296$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 \times f'c'} = \frac{420}{0.85 \times 40} = 12.35$$

a. Perhitungan Tulangan Lentur Setelah Komposit

$$dx = h - d' - D' - \frac{1}{2}D$$

$$dx = 700 - 50 - 10 - \frac{1}{2}25 = 627.5 \text{ mm}$$

Momen yang terjadi pada balok induk setelah balok induk komposit diambil dari hasil permodelan pada program bantu ETABS.

$$M_{\text{tumpuan atas}} = 76892,9 \text{ kgm}$$

$$M_{\text{tumpuan bawah}} = 26963,8 \text{ kgm}$$

$$M_{\text{lapangan bawah}} = 33712,89 \text{ kgm}$$

$$M_{\text{lapangan Atas}} = 17868,65 \text{ kgm}$$

$$V_u = 29896,34 \text{ kg}$$

$$Tu = 89,243 \text{ kNm}$$

- Tulangan Negatif di Tumpuan

$$Rn = \frac{Mu}{\phi \times bw \times dx} = \frac{76892,9 \times 10^6}{0,9 \times 400 \times 627,5} = 6,51 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{12,35} x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,35 \times 6,51}{420}} \right) = 0,017$$

$\rho_{min} < \rho$, maka dipakai $\rho = 0,017$

$$AS_{perlu} = \rho \times bw \times dx$$

$$AS_{perlu} = 0,017 \times 400 \times 627,5 = 4357,31 \text{ mm}^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 491,074$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS_{perlu}}{AS(D25)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{4357,31}{491,074}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 10 \text{ buah}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times D(25) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{400 - 10 \times 25 - 2 \times 50 - 2 \times 10}{10 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 3,33 \text{ mm} < 25 \text{ mm (not ok)}$$

Maka dipasang 2 layer tulangan dengan masing masing layer berjumlah 5 tulangan.

$$S \text{ tulangan} = \frac{400 - 5 \times 25 - 2 \times 50 - 2 \times 10}{5 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 38,75 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

$$A_s \text{ pakai} = n \times A (D25)$$

$$A_s \text{ pakai} = 10 \times 491.074 = 4910,74 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan Lentur negatif tumpuan 10D25

- Tulangan Positif di Tumpuan

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b_w \times d \times x} = \frac{26963,8 \times 10^6}{0,9 \times 400 \times 627,5} = 2,28 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{12,35} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,35 \times 2,28}{420}} \right) = 0,0037$$

$\rho_{min} > \rho$, maka dipakai $\rho_{min} = 0,003765$

$$A_{s \text{ perlu}} = \rho \times b_w \times d \times x$$

$$A_{s \text{ perlu}} = 0,003765 \times 400 \times 627,5 = 944,92 \text{ mm}^2$$

$$A_s(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$A_s(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 491,074$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_s(D25)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{944,92}{491,074}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 5 \text{ buah (untuk memenuhi syarat geser)}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times D(25) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{500 - 5 \times 25 - 2 \times 50 - 2 \times 10}{5 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 38,75 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

$$As \text{ pakai} = n \times A (D25)$$

$$As \text{ pakai} = 5 \times 491.074 = 2455,36 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan Lentur Positif Tumpuan 5D25

❖ Kontrol D_{actual} pada tumpuan

Konfigurasi Barisan Tulangan Tarik						
Baris	Jumlah	D (mm)	As (mm ²)	Spasi Baris	Jarak (y)	As x y
1	5	25	2455.357	-	72.5	178013.3929
2	5	25	2455.357	90	187.5	460379.4643
Jumlah	10		4910.714		260	638392.8571

- Letak titik berat tulangan dari bawah :

$$Y = \frac{\sum As \times y}{\sum As} = \frac{638392,86}{4910,714} = 130 \text{ mm}$$

- Tinggi Efektif actual

$$D_{\text{actual}} = 700 - 130 = 570 \text{ mm}$$

❖ Kontrol Tulangan Rangkap

$$\rho = \frac{AS}{bw \times d \text{ actual}} = \frac{4910,71}{400 \times 570} = 0,022$$

$$\rho' = \frac{AS'}{bw \times dx} = \frac{2455,36}{400 \times 570} = 0.011$$

$$\rho_{cy} = \frac{0.85 f_c' d'}{d \text{ actual} \cdot f_y} \beta_1 \left(\frac{600}{600 - f_y} \right)$$

$$\rho_{cy} = \frac{0.85 \times 40 \times 50}{570 \times 420} \times 0.764 \times \left(\frac{600}{600 - 420} \right) = 0.018$$

$$\rho - \rho' = 0.022 - 0.011 = 0.011$$

$$\rho - \rho' < \rho_{cy}$$

$$0.011 < 0.015 \text{ (compression steel not yielded)}$$

$$f_s = 600 \times \left| 1 - \frac{0.85 \times \beta_1 \times f_c'}{(\rho - \rho') \times f_y} \times \frac{d'}{d} \right| < f_y$$

$$f_s = 600 \times \left| 1 - \frac{0.85 \times 0.764 \times 40}{(0.011) \times 420} \times \frac{50}{570} \right| < 420$$

$$f_s = 297,62 < 420$$

$$a = \frac{A_s \times f_y - A_s' \times f_s}{0.85 \times b_w \times f_c}$$

$$a = \frac{4910,71 \times 420 - 2455,36 \times 297,61}{0.85 \times 400 \times 40}$$

$$a = 104,06 \text{ mm}$$

$$M_n = 0.85 f_c' a b_w \left(d - \frac{a}{2} \right) + A_s' (f_s - 0.85 f_c') (d - d')$$

$$M_n = 0.85 \times 40 \times 104,06 \times 400 \left(570 - \frac{104,6}{2} \right)$$

$$+ 2455,36 (297,62 - 0.85 \times 40) (570 - 50)$$

$$M_n = 106962,71 \text{ kgm}$$

$$\phi M_n = 0.9 \times 106962,71 = 96266,44 \text{ kgm}$$

$$\phi M_n = 96266,44 \text{ kgm} > M_u = 76892,9 \text{ kgm (ok)}$$

- Tulangan Positif di Lapangan

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b_w \times d \times x} = \frac{33712,89 \times 10^6}{0.9 \times 400 \times 627.5} = 2,85 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{12.35} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.35 \times 2,85}{420}} \right) = 0.0071$$

$$\rho_{\min} < \rho, \text{ maka dipakai } \rho = 0.0071$$

$$AS_{perlu} = \rho \times bw \times dx$$

$$AS_{perlu} = 0.0071 \times 400 \times 627.5 = 1783,88 \text{ mm}^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 491.074$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS_{perlu}}{AS(D25)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{1783,88}{491.074}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 4 \text{ buah}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times D(25) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{400 - 4 \times 25 - 2 \times 50 - 2 \times 10}{4 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 60 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

$$As \text{ pakai} = n \times A(D25)$$

$$As \text{ pakai} = 4 \times 491.074 = 1964,28 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan Lentur Positif Lapangan 4D25

- Tulangan Negatif di Lapangan

$$Rn = \frac{Mu}{\phi \times bw \times dx} = \frac{17868,65 \times 10^6}{0.9 \times 400 \times 627.5} = 1,51 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{12.35} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.35 \times 1,51}{420}} \right) = 0.003764$$

$\rho_{min} > \rho$, maka dipakai $\rho_{min} = 0.003765$

$$AS_{perlu} = \rho \times bw \times dx$$

$$AS_{perlu} = 0.003765 \times 400 \times 627.5 = 944,92 \text{ mm}^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 491.074$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS_{perlu}}{AS(D25)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{944,92}{491.074}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 2 \text{ buah}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times D(25) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{400 - 2 \times 25 - 2 \times 50 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 230 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

$$As_{pakai} = n \times A(D25)$$

$$As_{pakai} = 2 \times 491.074 = 982,14 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan Lentur Negatif Lapangan 2D25

❖ Kontrol Tulangan Rangkap

$$\rho = \frac{AS}{bw \times dx} = \frac{1964,28}{400 \times 570} = 0,0086$$

$$\rho' = \frac{AS'}{bw \times dx} = \frac{982,14}{400 \times 570} = 0,0043$$

$$\rho_{cy} = \frac{0.85 f_c' d'}{dx f_y} \beta_1 \left(\frac{600}{600 - f_y} \right)$$

$$\rho_{cy} = \frac{0.85 \times 40 \times 50}{570 \times 420} \times 0.764 \times \left(\frac{600}{600 - 420} \right) = 0.018$$

$$\rho - \rho' = 0.0086 - 0.0043 = 0,0043$$

$$\rho - \rho' < \rho_{cy}$$

$$0.0043 < 0.015 \text{ (compression steel not yielded)}$$

$$\begin{aligned}
 f_s &= 600 \times \left| 1 - \frac{0.85 \times \beta_1 \times f_c' \times \frac{d'}{d}}{(\rho - \rho') \times f_y} \right| < f_y \\
 f_s &= 600 \times \left| 1 - \frac{0.85 \times 0.764 \times 40}{(0.0043) \times 420} \times \frac{50}{570} \right| < 420 \\
 f_s &= 155,95 < 420 \\
 a &= \frac{A_s \times f_y - A_s' \times f_s}{0.85 \times b_w \times f_c} \\
 a &= \frac{1964,28 \times 420 - 982,14 \times 295.6}{0.85 \times 400 \times 40} \\
 a &= 51,85 \text{ mm} \\
 Mn &= 0.85 f_c' a b_w \left(d - \frac{a}{2} \right) + A_s' (f_s - 0.85 f_c') (d - d') \\
 Mn &= 0.85 \times 40 \times 51,85 \times 400 \left(570 - \frac{51,85}{2} \right) \\
 &+ 982,14 (155,95 - 0.85 \times 40) (627.5 - 50) \\
 Mn &= 44597,66 \text{ kgm} \\
 \phi Mn &= 0.9 \times 44597,66 = 40137,9 \text{ kgm} \\
 \phi Mn &= 40137,9 \text{ kgm} > Mu = 33712,89 \text{ kgm (ok)}
 \end{aligned}$$

❖ Kontrol Balok T

$$\begin{aligned}
 be &< \frac{L}{4} = \frac{8000}{4} = 2000 \text{ mm (menentukan)} \\
 be &< bw + 16hf = 400 + 16 \times 140 = 2280 \text{ mm} \\
 be &< \text{center to center of adjascent beam} = 4000 \text{ mm} \\
 \text{Depth of block stress} \\
 a &= \frac{A_s f_y}{0.85 f_c' be} = \frac{4419,64 \times 420}{0.85 \times 40 \times 2000} = 27,3 \text{ mm} > 140 \text{ mm} \\
 \text{The beam be considered as rectangular} \\
 Mn &= A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) = 4419,64 \times 420 \left(570 - \frac{27,3}{2} \right) \\
 Mn &= 45898,97 \text{ kgm} \\
 \phi Mn &= 0.9 \times 45898,97 = 41309,1 \text{ kgm} \\
 \phi Mn &= 41309,1 \text{ kgm} > Mu = 33712,89 \text{ kgm (ok)}
 \end{aligned}$$

Check For the Strain $\epsilon_t \geq 0.005$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{27,3}{0.764} = 35,72$$

$$\epsilon_t = 0.003 \left(\frac{d - c}{c} \right) = 0.003 \left(\frac{570 - 35,72}{35,72} \right) = 0.05$$

$$\epsilon_t = 0,05 > 0.005 \text{ (ok)}$$

- b. Perhitungan Tulangan Lentur Sebelum Komposit

$$dx = h - d' - D' - \frac{1}{2}D$$

$$dx = 560 - 50 - 10 - \frac{1}{2}25 = 487,5 \text{ mm}$$

Momen yang terjadi pada balok induk sebelum balok induk komposit dihitung dengan beranggapan tumpuan pada balok induk adalah tumpuan sederhana, sehingga momen pada tumpuan dianggap tidak ada.

$$M_{\text{tumpuan}} = 0 \text{ kgm}$$

$$M_{\text{lapangan}} = \frac{1}{8} q u x L x^2 + \frac{1}{4} x P d x L$$

$$M_{\text{lapangan}} = 67425,78 \text{ kgm}$$

- Tulangan Negatif di Tumpuan

Pada perencanaan, momen di tumpuan dianggap nol karena balok anak dianggap tertumpu sederhana di konsol. Sehingga pmin pada perencanaan tulangan di tumpuan.

$$A_{\text{Sperlu}} = \rho x bw x dx$$

$$A_{\text{Sperlu}} = 0.003765 x 400 x 487,5 = 734,1 \text{ mm}^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} x \pi x D^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 491.074$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS \text{ perlu}}{AS (D25)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{734,1}{491.074}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 2 \text{ buah}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times D(25) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{400 - 2 \times 25 - 2 \times 50 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 230 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

$$As \text{ pakai} = n \times A (D25)$$

$$As \text{ pakai} = 2 \times 491.074 = 982,14 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan Lentur negatif tumpuan 2D25

- Tulangan Positif di Tumpuan

Pada perencanaan, momen di tumpuan dianggap nol karena balok anak dianggap tertumpu sederhana di konsol. Sehingga pmin pada perencanaan tulangan di tumpuan.

$$AS_{perlu} = \rho \times bw \times dx$$

$$AS_{perlu} = 0.003765 \times 400 \times 487,5 = 734,1 \text{ mm}^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 491.074$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS \text{ perlu}}{AS (D25)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{734,1}{491.074}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 2 \text{ buah}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times D(25) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{400 - 2 \times 25 - 2 \times 50 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 230 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

Maka digunakan tulangan Lentur negatif tumpuan 2D25

- Tulangan Positif di Lapangan

$$Rn = \frac{Mu}{\phi \times bw \times dx} = \frac{67425,78 \times 10^6}{0,9 \times 400 \times 487,5} = 7,88 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{12,35} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,35 \times 7,88}{420}} \right) = 0,021$$

$\rho_{min} < \rho$, maka dipakai $\rho = 0,021$

$$AS_{perlu} = \rho \times bw \times dx$$

$$AS_{perlu} = 0,021 \times 400 \times 487,5 = 4095 \text{ mm}^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 491,074$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS_{perlu}}{AS(D25)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{4095}{491,074}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 9 \text{ buah}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times D(25) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{400 - 9 \times 25 - 2 \times 50 - 2 \times 10}{9 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 6,875 \text{ mm} < 25 \text{ mm (not ok)}$$

Maka dipasang 2 layer tulangan dengan masing masing layer berjumlah 5 & 4 tulangan.

$$S \text{ tulangan} = \frac{400 - 5 \times 25 - 2 \times 50 - 2 \times 10}{5 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 38,75 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

$$As \text{ pakai} = n \times A (D25)$$

$$As \text{ pakai} = 9 \times 491.074 = 4419,64 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan Lentur negatif tumpuan 9D25

- Tulangan Negatif di Lapangan

$$AS_{\text{perlu}} = \rho \times bw \times dx$$

$$AS_{\text{perlu}} = 0.003765 \times 400 \times 487,5 = 734,1 \text{ mm}^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 491.074$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS_{\text{perlu}}}{AS(D25)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{734,1}{491.074}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 2 \text{ buah}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times D(25) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{400 - 2 \times 25 - 2 \times 50 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 230 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

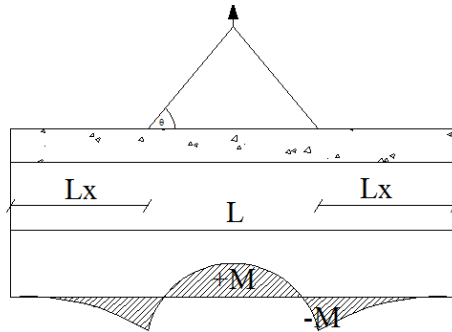
Maka digunakan tulangan Lentur negatif tumpuan 2D25

- c. Perhitungan Tulangan Lentur Saat Pengangkatan

$$dx = h - d' - D' - \frac{1}{2}D$$

$$dx = 560 - 50 - 10 - \frac{1}{2}25 = 487,5 \text{ mm}$$

Pada saat pengangkatan direncanakan titik pengangkatan berada pada daerah tumpuan. Berikut merupakan rencana pengangkatan balok anak.



Gambar 4. 42. Pengangkatan Balok

$$+M = \frac{WL^2}{8} \left(1 - 4X + \frac{4Yc}{Lc \tan \theta} \right)$$

$$-M = \frac{WX^2L^2}{2}$$

$$yt = yb = \frac{h}{2} = \frac{560}{2} = 28 \text{ cm}$$

$$I \text{ balok} = \frac{1}{12} \times b \times h^3 = \frac{1}{12} \times 40 \times 56^3 = 585386,67 \text{ cm}^4$$

$$Yc = Yt + 5 = 28 + 5 = 33 \text{ cm}$$

Sudut angkat direncanakan 45°

$$\theta = 45^\circ$$

$$Lx = 800 \text{ m}$$

$$X = \frac{1 + \frac{4yc}{Lx \tan \theta}}{2 \left(1 + \sqrt{1 + \frac{Yt}{Yb} x \left(1 + \frac{4yc}{Lx \tan \theta} \right)} \right)}$$

$$X = 0.236$$

$$XL = 800 \times 0.236 = 188,56 \text{ cm}$$

$$W = qu = 752,64 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$+ M = 1337,97 \text{ kgm}$$

$$- M = 1337,97 \text{ kgm}$$

- Tulangan Negatif di Tumpuan

Karena momen yang terjadi pada saat pengangkatan kecil, maka digunakan pmin pada perencanaan tulangan.

$$AS_{perlu} = \rho \times bw \times dx$$

$$AS_{perlu} = 0.003765 \times 400 \times 487,5 = 734,175 \text{ mm}^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 491.074$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS_{perlu}}{AS(D25)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{734,175}{491.074}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 2 \text{ buah}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times D(25) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{400 - 2 \times 25 - 2 \times 50 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 230 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

Maka digunakan tulangan Lentur negatif Tumpuan 2D25

- Tulangan positif di Tumpuan

Karena momen yang terjadi pada saat pengangkatan kecil, maka digunakan p_{min} pada perencanaan tulangan.

$$A_{sperlu} = \rho \times b_w \times d_x$$

$$A_{sperlu} = 0.003765 \times 400 \times 487,5 = 734,175 \text{ mm}^2$$

$$A_s(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$A_s(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 491.074$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_s(D25)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{734,175}{491.074}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 2 \text{ buah}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{b_w - n \times D(25) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{400 - 2 \times 25 - 2 \times 50 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 230 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

Maka digunakan tulangan Lentur Positif Tumpuan 2D25

- Tulangan Positif di Lapangan

Karena momen yang terjadi pada saat pengangkatan kecil, maka digunakan p_{min} pada perencanaan tulangan.

$$A_{sperlu} = \rho \times b_w \times d_x$$

$$A_{sperlu} = 0.003765 \times 400 \times 487,5 = 734,175 \text{ mm}^2$$

$$A_s(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$A_s(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 491.074$$

$$\begin{aligned}
 n \text{ tulangan} &= \frac{AS \text{ perlu}}{AS (D25)} \\
 n \text{ tulangan} &= \frac{734,175}{491.074} \\
 n \text{ tulangan} &\approx 2 \text{ buah} \\
 S \text{ tulangan} &= \frac{bw - n \times D(25) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1} \\
 S \text{ tulangan} &= \frac{400 - 2 \times 25 - 2 \times 50 - 2 \times 10}{2 - 1} \\
 S \text{ tulangan} &= 230 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}
 \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan Lentur Positif Lapangan 2D25

- Tulangan Negatif di Lapangan

Karena momen yang terjadi pada saat pengangkatan kecil, maka digunakan pmin pada perencanaan tulangan.

$$AS_{perlu} = \rho \times bw \times dx$$

$$AS_{perlu} = 0.003765 \times 400 \times 487,5 = 734,175 \text{ mm}^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$AS(D25) = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 491.074$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{AS \text{ perlu}}{AS (D25)}$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{734,175}{491.074}$$

$$n \text{ tulangan} \approx 2 \text{ buah}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{bw - n \times D(25) - 2 \times d' - 2 \times D'}{n - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{400 - 2 \times 25 - 2 \times 50 - 2 \times 10}{2 - 1}$$

$$S \text{ tulangan} = 230 \text{ mm} > 25 \text{ mm (ok)}$$

Maka digunakan tulangan Lentur negatif Lapangan 2D25

4.5.2.4 Perhitungan Tulangan Geser Balok Induk

➤ Perhitungan Tulangan Geser Setelah Komposit

Nilai momen nominal maksimum dari cek momen tulangan nominal terpasang dengan asumsi tumpuan kiri dan kanan memiliki jumlah tulangan yang sama. Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.6.5.1 persamaan yang digunakan dalam menghitung tulangan geser adalah sebagai berikut :

$$M_{pr} = A_s \times 1.25 \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$a = \frac{A_s \times 1.25 \times f_y}{0.85 \times f_c' \times b \times w}$$

Tabel 4. 27. Perhitungan Mpr B1

Lokasi			n	As Perlu	a	Mpr (kNm)
Tumpuan	Kiri	Atas	4	4910.714	189.568	1373.408419
		Bawah	3	2455.357	94.78401	747.795464
	Kanan	Atas	4	4910.714	189.568	1373.408419
		Bawah	3	2455.357	94.78401	747.795464

$$M_{pr1} = 1373,41 \text{ kNm}$$

$$M_{pr2} = 747,8 \text{ kNm}$$

$$L_n = 7,5 \text{ m}$$

$$W_u = 85,5 \text{ Kg/m}$$

- Analisa terhadap gempa kiri & kanan

$$V_u = \frac{1373,41 + 747,8}{7,5} - \frac{85,5 \times 7,5}{2}$$

$$V_u = -37,72 \text{ kN}$$

$$V_u = \frac{1373,41 + 747,8}{7,5} + \frac{85,5 \times 7,5}{2}$$

$$V_u = 603,37 \text{ kN}$$

- Pemasangan Senggang Daerah Sendi Plastis

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.4.2 bahwa tulangan transversal untuk memikul geser dengan menganggap $V_c = 0$, apabila:

- $M_{pr} > 0,5 \times \text{Total geser kombinasi gempa dan gravitasi}$

$$\frac{1373,41 + 747,8}{7,5} > 0,5 \times 603,37$$

$$310,73 > 301,7 \text{ kN (OK)}$$

- Gaya Aksial Tekan $< 0,2 \times A_g \times f_c'$

$$\frac{29896,34}{100} < \frac{0,2 \times 400 \times 560 \times 40}{1000}$$

$$298,96 \text{ kN} < 2240 \text{ kN}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c} b_w x d$$

$$V_c = \frac{\frac{1}{6} \sqrt{40} \times 400 \times 627,5}{1000} = 264,6 \text{ kN}$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi}$$

$$V_s = \frac{603,37}{0,9} = 670,41 \text{ kN}$$

$$A_v = 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times D'^2$$

$$A_v = 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 = 157,14 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s}$$

$$S = \frac{157,14 \times 420 \times 627,5}{670,41 \times 1000} = 61,8 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.3.2 bahwa syarat jarak antar sengkang untuk sendi plastis tidak boleh melebihi :

$$\frac{d}{4} = \frac{627.5}{4} = 156,875 \text{ mm}$$

$$6 \text{ db} = 6 \times 25 = 150 \text{ mm}$$

$$< 150 \text{ mm}$$

Dari Syarat di atas, maka digunakan tulangan geser Tumpuan 2D10-60 mm

Sengkang yang dipasang 2D10 mm sejarak 100 mm dengan ketentuan dan syarat sebagai berikut mengacu pada SNI 2847:2013 pasal 21.3.4.2 sebagai berikut :

- Smax sepanjang sendi plastis di ujung balok
 $2 \times h = 2 \times 700 = 1400 \text{ mm}$
- Sengkang tertutup pertama harus dipasang tidak lebih dari 50 mm dari muka tumpuan.

Kontrol kuat geser balok induk interior tidak boleh lebih besar dari syarat SNI 2847:2013 pasal 11.4.7.9:

$$V_s = \frac{2}{3} \times b_w \times d \times \sqrt{f_c}$$

$$V_s = \frac{\frac{2}{3} \times 400 \times 627.5 \times \sqrt{40}}{1000} = 1058,31 \text{ kN}$$

$$V_s = 1058,31 \text{ kN} > V_s = 670,41 \text{ kN (ok)}$$

- Pemasangan Sengkang di Luar Daerah Sendi Plastis

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c} \times b_w \times d$$

$$V_c = \frac{\frac{1}{6} \sqrt{40} \times 400 \times 627.5}{1000} = 264,6 \text{ kN}$$

Syarat :

1. tidak butuh tulangan geser
 $V_u \leq 0.5 \phi V_c$
2. Butuh tulangan geser Minimum

$$0.5 \phi V_c \leq V_u \leq \phi V_c$$

3. butuh tulangan geser

$$\phi (V_c + v_s \min) \leq V_u \leq \phi (V_c + V_s, \max)$$

$$V_u = 298,96 \text{ kN}$$

$$0.5 \phi V_c = 119,1 \text{ kN}$$

$$\phi (V_c + V_{s\min}) = 327,41 \text{ kN}$$

$$\phi (V_c + V_{s\max}) = 1190,6 \text{ kN}$$

Sehingga memenuhi kondisi 2, maka digunakan tulangan geser minimum.

$$V_s = \frac{V_u}{\phi}$$

$$V_s = \frac{298,96}{0.9} = 332,18 \text{ kN}$$

$$A_v = 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times D'^2$$

$$A_v = 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 = 157.14 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s}$$

$$S = \frac{157.14 \times 420 \times 627.5}{332,18 \times 1000} = 124,7 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847 : 2013 psl 21.5.3.2 syarat jarak maksimum antar sengkang tertutup tidak boleh lebih besar dari nilai yang terkecil dibawah ini :

$$\frac{d}{2} = \frac{627.5}{2} = 313,75 \text{ mm}$$

Dari syarat diatas maka digunakan tulangan Geser 2D10 - 120 mm

➤ Perhitungan Tulangan Geser Sebelum Komposit

$$Vu = 232,85 \text{ kN}$$

$$Vc = \frac{1}{6} x \sqrt{f'c'} x bw x dx$$

$$Vc = \frac{1}{6} x \sqrt{40} x 400 x 487.5 = 205548,05 \text{ N} = 205,5 \text{ kN}$$

$$\phi Vc = 0.9 x 205,5 \text{ kN} = 184,99 \text{ kN}$$

$$0.5\phi Vc = 0.5 x 184,99 = 92,5 \text{ kN}$$

$$0.5\phi Vc < Vu > \phi Vc \rightarrow \text{Diperlukan tulangan minimum}$$

$$Vs \text{ min} = \frac{Vu}{\phi}$$

$$Vs \text{ min} = \frac{232,85}{0.9} = 258,72 \text{ kN}$$

$$As \text{ D10} = \frac{1}{4} x \pi x D^2$$

$$As \text{ D10} = \frac{1}{4} x \pi x 10^2 = 78.57 \text{ mm}^2$$

$$Av = 2 x As \text{ D10}$$

$$Av = 2 x 78.57 = 157.14 \text{ mm}^2$$

$$S \text{ maks} = \frac{Av x fy x dx}{Vs}$$

$$S \text{ maks} = \frac{157.4 x 420 x 487.5}{258,72 x 1000} = 124,36 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847 : 2013 psl 21.5.3.2 syarat jarak maksimum antar sengkang tertutup tidak boleh lebih besar dari nilai yang terkecil dibawah ini :

$$\frac{d}{4} = \frac{487.5}{4} = 121,875 \text{ mm}$$

$$6 \text{ db} = 6 x 25 = 150 \text{ mm}$$

$$< 150 \text{ mm}$$

Dari Syarat di atas, maka digunakan tulangan geser Tumpuan D10-120 mm

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.3.4 Bila sengkang tertutup tidak diperlukan, sengkang dengan kait gempa pada kedua ujung harus dispasikan dengan jarak tidak lebih dari:

$$\frac{d}{2} = \frac{537.5}{2} = 268.75 \text{ mm}$$

Dari Syarat di atas, maka digunakan tulangan geser Lapangan D10-250 mm

4.5.2.5 Perhitungan Tulangan Torsi

Dimensi balok Induk B1 = 40/70 cm

Tu Etabs = 89,243 kNm

Pada kasus ini balok induk termasuk torsi kompatibilitas dimana dapat terjadi redistribusi puntir sehingga berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 11.5.2.2 (a) maka momen puntir terfaktor maksimum dapat direduksi sesuai persamaan berikut :

$$T_n = \phi 0.33 \sqrt{f_c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}^2} \right)$$

$$T_n = \frac{0.75 \times 0.33 \sqrt{40} \left(\frac{(400 \times 700)^2}{(2(400 + 700))^2} \right)}{1000000} = 55,78 \text{ kNm}$$

Tu > Tn

89,243 < 55,78 (Perlu penulangan Torsi)

Vu = 298,96 kN

Acp = 280000 mm²

Pcp = 2200 mm²

Aoh = 171100 mm²

Poh = 1760 mm²

Vc = 269868,77 N

- Cek Penampang Balok Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 11.5.3.1

$$\sqrt{\left(\frac{Vu}{bw \cdot d}\right)^2 + \left(\frac{Tu \cdot Ph}{1,7 \cdot Aoh^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{Vc}{bw \cdot d} + 0,66\sqrt{fc'}\right)$$

$$3,373 < 3,94 \text{ (OK)}$$

- Perhitungan Tulangan Transversal Penahan Torsi

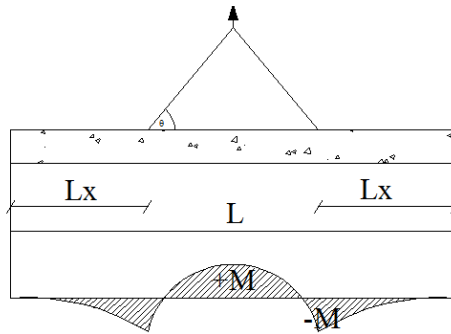
Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.5.3.6 pada perhitungan tulangan transversal penahan torsi A_o dapat di ambil sama dengan $0.85 \cdot A_{oh}$ dan nilai $\theta = 45^\circ$.

$$\begin{aligned}\theta &= 45^\circ \\ A_o &= 145435 \text{ mm}^2 \\ A_{t/s} &= 0,974 \\ A_s \text{ Torsi} &= 1714,26 \text{ mm}^2 \\ A_s \text{ D25} &= 491,07 \text{ mm}^2 \\ n &= 4 \text{ Buah}\end{aligned}$$

Sehingga digunakan tulangan torsi 4 D25

4.5.2.6 Pengangkatan Balok Induk

Dalam pemasangan balok Induk pracetak, balok akan mengalami pengangkatan sehingga perlu direncanakan tulangan angkat untuk Balok. Contoh perhitungan akan diambil balok tipe B1 dengan dimensi 50 x 61 cm dengan 2 titik pengangkatan.



Gambar 4. 43. Titik Angkat Balok Induk

- **Perhitungan Tulangan Angkat Pelat**

$$\begin{aligned}
 DL &= h_{\text{pracetak}} \times b_{\text{pracetak}} \times l_x \times \gamma_{\text{beton}} \\
 &= 0,56 \times 0,4 \times 7,5 \times 2400 \\
 &= 4300,8 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$q = K \times DL$$

Dimana,

$K = \text{factor kejut} = 1.2$ (*PCI Design Handbook 6th Edition, 2004*)

$$q = 1.2 \times 4300,8$$

$$q = 7225,344 \text{ Kg}$$

Gaya angkat Tu setiap tulangan :

$$Tu = \frac{q}{2}$$

$$Tu = \frac{7225,344}{2}$$

$$Tu = \frac{100}{2}$$

$$Tu = 36,13 \text{ kN}$$

Menurut PPBBI pasal 2.2.2, Tegangan Tarik ijin Baja adalah sebagai berikut :

$$\sigma_{ijin} = \frac{fy}{1.5}$$

$$\sigma_{ijin} = \frac{420}{1.5}$$

$$\sigma_{ijin} = 2800 \text{ kg/cm}^2$$

Maka diameter tulangan angkat :

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Tu}{\pi \times \sigma}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 36,13 \times 100}{\pi \times 2800}}$$

$$D = 1.6 \text{ cm} \approx 25 \text{ mm}$$

Maka digunakan tulangan angkat D25

- **Kontrol Tulangan Angkat**

Kontrol momen pengangkatan diperlukan untuk mengetahui tegangan yang terjadi saat pengangkatan dan harus kurang dari tegangan izin yang disyaratkan dalam *PCI Design Handbook 6th Edition, 2004*, pasal 5.3.3.2 .

$$\sigma_{pelat} < \sigma_{ijin}$$

Dimana,

$$\sigma_{ijin} = \frac{0.7 \times \sqrt{f'c'}}{SF}$$

$$\sigma_{ijin} = \frac{0.7 \times \sqrt{40}}{1.5} = 2.95 \text{ Mpa}$$

- Momen Akibat Berat Sendiri Saat Pengangkatan

Momen diperhitungkan sesuai perencanaan titik pengangkatan, dimana titik penangkatan berada pada daerah tumpuan, sehingga momen yang terjadi adalah sebagai berikut:

$$+ M = 1337,96 \text{ kgm}$$

$$- M = 1337,96 \text{ kgm}$$

$$Z = \frac{1}{6} \times b \times (h \text{ pracetak})^2$$

$$Z = \frac{1}{6} \times 0.40 \times (0.56)^2$$

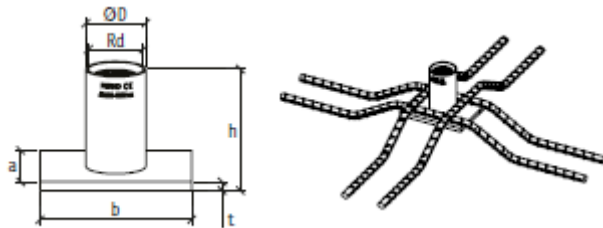
$$Z = 0.021 \text{ m}^3$$

$$\sigma_{Pelat} = \frac{1337,96}{0.021} \times \frac{10}{1000000}$$

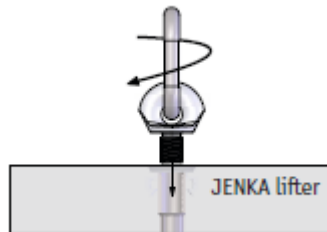
$$\sigma_{pelat} = 0.63 \text{ Mpa} < \sigma_{ijin} = 2.95 \text{ Mpa (OK)}$$

• **Pemilihan Profil Tulangan Angkat**

Tulangan angkat yang digunakan adalah jenis *Jenka Lifting System* dari *Peikko Group*. Tipe yang digunakan adalah *Jenka PSA Short Insert* dengan kait *JL*. Disetiap titik angkat, profil ini dapat mengangkat beban sebesar 40 kN dengan sudut 0° - 90°.



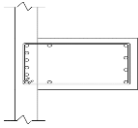
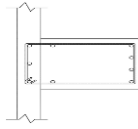
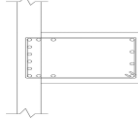
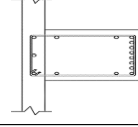
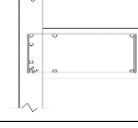
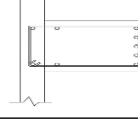
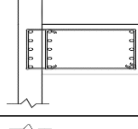
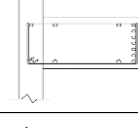
Gambar 4. 44. Profil PSA dan Perkuatan



Gambar 4. 45. Kait *Jenka Lifter*

Berikut merupakan rekapitulasi penulangan balok Induk pracetak hotel Swiss-Belinn:

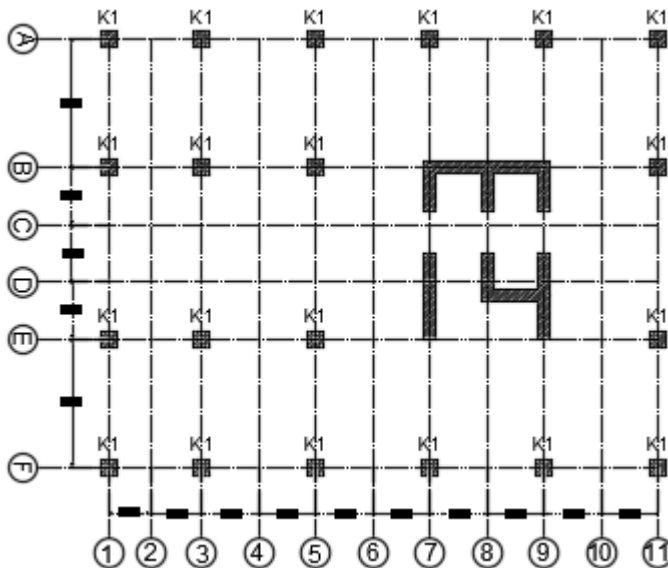
Tabel 4. 28. Rekapitulasi Penulangan Balok Induk

Kode	B1		B2		B3		B4	
	Tulangan Tumpuan	Tulangan Lapangan	Tulangan Tumpuan	Tulangan Lapangan	Tulangan Tumpuan	Tulangan Lapangan	Tulangan Tumpuan	Tulangan Lapangan
Sketsa								
Penampang Balok	500 mm x 750 mm		500 mm x 750 mm		400 mm x 700 mm		400 mm x 700 mm	
Bentang	9 m		12 m		6.5 m		8 m	
Decking	50		50		50		50	
Atas	6 D25	3 D25	8 D25	3 D25	4 D25	2 D25	10 D25	2 D25
Tengah	2 D25	2 D25	2 D25	2 D25	2 D25	2 D25	-	2 D25
Bawah	4 D25	4 D25	4 D25	10 D25	2 D25	5 D25	5 D25	9 D25
Senggang	2 D10 - 100 mm		2 D10 - 60 mm		2 D10 - 100 mm		2 D10 - 60 mm	
			2 D10 - 180 mm		2 D10 - 180 mm		2 D10 - 120 mm	

4.5.3 Perencanaan Kolom Pracetak

Kolom merupakan struktur utama yang berfungsi memikul seluruh beban yang diterima struktur, baik dari struktur sekunder maupun balok induk, dan berfungsi meneruskan beban yang diterima ke pondasi. Perencanaan kolom dibedakan menjadi 3 tipe kolom dengan data sebagai berikut :

- Dimensi Kolom Lt. Basement-5 = 110 x 110 cm
- Dimensi Kolom Lt. 6 – 10 = 85 x 85 cm
- Dimensi Kolom Lt. 11 – Atap = 60 x 60 cm



Gambar 4. 46. Denah Kolom Pracetak

4.5.3.1 Data Perencanaan Kolom Pracetak

Pada penulisan ini, akan diberikan contoh perhitungan kolom lt. basement-5. Berikut merupakan data perencanaan kolom pracetak gedung hotel Swiss-Belinn:

- Dimensi Kolom : 110 x 110 cm

- Tinggi Lantai (h) : 4 m
- Tebal Decking (d') : 50 mm
- f_c' : 40 Mpa
- f_y : 420 Mpa
- D (longitudinal) : 25 mm
- D'(transversal) : 13 mm

Berdasarkan hasil perhitungan ETABS diexport beban aksial dan momen dari semua kombinasi beban yang bekerja pada kolom 110 x 110 cm, yaitu :

P_{max} : 8221.9834 kN

V_u max: 250.1 kN

M_x : 572.8 kNm

M_y : 410 kNm

T : 53.56 kNm

4.5.3.2 Kontrol Dimensi Kolom

Menurut SNI 2847:2013 psl 21.6.1 jika komponen struktur SRPMK Menahan gaya tekan aaksial terfaktor akibat sembarang kombinasi ialah sebesar $> AG \times f_c/10$, maka komponen struktur rangka ini harus juga memenuhi kondisi kondisi sebagai berikut:

$$P_u > A_g \times \frac{f_c'}{10}$$

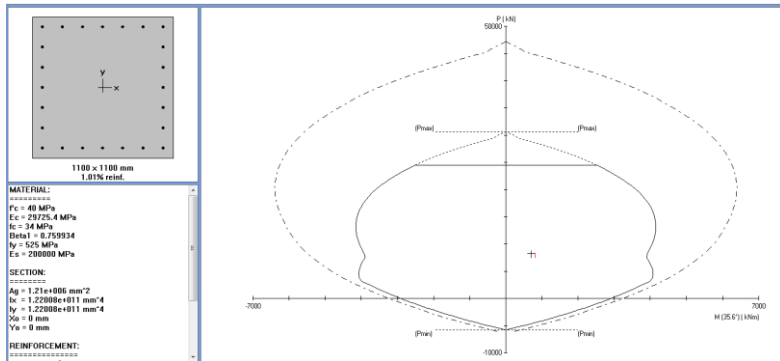
$$8221.98 \text{ kN} > 1100 \times 1100 \times \frac{40}{10} \times \frac{1}{1000} = 4840 \text{ kN}$$

Sehingga, harus memenuhi persyaratan seperti dijelaskan pada pasal 21.6.1

- Dimensi terpendek tidak boleh kurang dari 300 mm
 $1100 \text{ mm} > 300 \text{ mm} \text{ (ok)}$
- Rasio dimensi harus lebih besar dari 0.4
 $\frac{1100}{1100} = 1 > 0.4 \text{ (ok)}$

4.5.3.3 Penulangan Longitudinal Kolom

Dari beban aksial dan momen yang terjadi, kemudian dilakukan perhitungan penulangan kolom menggunakan program bantu SPColumn, didapatkan diagram interaksi sebagai berikut :



Gambar 4. 47. Output Program Bantu SPColumn

Dari hasil analisa program bantu SPColumn, didapatkan jumlah tulangan 24 D25.

Dari grafik di atas, didapatkan momen nominal yang ada pada kolom adalah sebagai berikut :

$$\phi Mn > Mu$$

$$0.9 \times 5419.81 = 4487.83 \text{ kNm} > 572.7784 \text{ kNm (ok)}$$

4.5.3.4 Kontrol Rasio Tulangan Longitudinal Kolom

menurut SNI 2847 :2013 ps1 21.6.3.1 , luas tulangan memanjang, Ast, tidak boleh kurang dari 0.01 Ag atau lebih dari 0.06 Ag.

$$Ast = 24 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 11785.71 \text{ mm}^2$$

$$Ag = 1100 \times 1100 = 1210000 \text{ mm}^2$$

Dari diagram interaksi yang dibuat pada SpColumn diperoleh tulangan longitudinal 24 D25 dengan rasio tulangan=1.01 % (OK)

4.5.3.5 Kontrol Kapasitas Beban Aksial Kolom Terhadap Beban Aksial Terfaktor

menurut SNI 2847 : 2013 psl 10.3.6.2 : kapasitas beban aksial kolom tidak boleh kurang dari beban aksial terfaktor hasil analisa struktur.

$$\phi P_n = 0.8 \times \phi (0.85 f'_c (A_g - A_{st}) + (f_y (A_{st})))$$

$$\phi P_n = 0.8 \times 0.65 (0.85 \times 40 (1210000 - 11785.71) + (420 (11785.71)))$$

$$\phi P_n = 23758.43 \text{ kN} > P_u = 8221.98 \text{ kN (ok)}$$

4.5.3.6 Persyaratan “Strong Column Weak Beam”

Sesuai dengan filosofi desain kapasitas, maka SNI 2847:2013 pasal 21.6.2 mensyaratkan bahwa:

$$\sum M_{nc} > 1.2 \sum M_{nb}$$

Di mana $\sum M_{nc}$ adalah momen kapasitas kolom dan $\sum M_{nb}$ merupakan momen kapasitas balok. Perlu dipahami bahwa M_{nc} harus dicari dari gaya aksial terfaktor yang menghasilkan kuat lentur terendah, sesuai dengan arah gempa yang ditinjau yang dipakai untuk memeriksa syarat strong column weak beam.

Setelah kita dapatkan jumlah tulangan untuk kolom, maka selanjutnya adalah mengontrol apakah kapasitas kolom tersebut sudah memenuhi persyaratan strong column weak beam. Dari SpColumn didapatkan nilai $\phi M_{nc} = 4487.83 \text{ kNm}$

$$M_{nb1} = 1373.41 \text{ kNm}$$

$$M_{nb2} = 1271.23 \text{ kNm}$$

$$\sum M_{nc} > 1.2 \sum M_{nb}$$

$$4487.83 \text{ kNm} > 1.2 (1373.41 + 1271.23)$$

$$4487.83 \text{ kNm} > 3174.765 \text{ kNm}$$

4.5.3.7 Kontrol Gaya Tekan Terhadap Gaya Geser Rencana

Gaya geser rencana, V_e , untuk menentukan kebutuhan tulangan geser kolom menurut SNI 2847:2013 pasal 21.6.5.1.

$$f_s = 1.25 f_y = 1.25 \times 420 = 525 \text{ Mpa}$$

Control Points:								
Bending about	Axial Load P kN	X-Moment kNm	Y-Moment kNm	NA depth mm	Dc depth mm	eps_t	Phi	
X § Max compression	30647.4	-0.00	-0.00	8171	1021	-0.00263	0.650	
§ Allowable comp.	24517.9	2592.46	0.00	1202	1021	-0.00046	0.650	
§ fs = 0.0	20836.5	3681.15	0.00	1021	1021	-0.00000	0.650	
§ fs = 0.5*fy	14061.0	4627.51	0.00	711	1021	0.00131	0.650	
§ Balanced point	9893.6	4720.38	0.00	545	1021	0.00263	0.650	
§ Tension control	8512.0	5707.92	0.00	383	1021	0.00500	0.900	
§ Pure bending	0.0	2814.61	0.00	132	1021	0.02021	0.900	
§ Max tension	-5783.4	0.00	0.00	0	1021	9.99999	0.900	
STRUCTUREPOINT - spColumn v5.50 (TM)								
Licensed to: Iqbal Albana Akbar, ITS. License ID:							Page 3	
D:\iqbal's folder\kuliah\semester 7\Tugas Akhir\PCA COL TA\Kolom 110.col							12/01/17	
							11:14 PM	
Y § Max compression	30647.4	-0.00	-0.00	8171	1021	-0.00263	0.650	
§ Allowable comp.	24517.9	-0.00	2592.46	1202	1021	-0.00046	0.650	
§ fs = 0.0	20836.5	-0.00	3681.15	1021	1021	-0.00000	0.650	
§ fs = 0.5*fy	14061.0	-0.00	4627.51	711	1021	0.00131	0.650	
§ Balanced point	9893.6	-0.00	4720.38	545	1021	0.00262	0.650	
§ Tension control	8512.0	-0.00	5707.92	383	1021	0.00500	0.900	
§ Pure bending	0.0	-0.00	2814.61	132	1021	0.02021	0.900	
§ Max tension	-5783.4	0.00	0.00	0	1021	9.99999	0.900	
-X § Max compression	30647.4	-0.00	-0.00	8171	1021	-0.00263	0.650	
§ Allowable comp.	24517.9	-2592.46	-0.00	1202	1021	-0.00046	0.650	
§ fs = 0.0	20836.5	-3681.15	-0.00	1021	1021	-0.00000	0.650	
§ fs = 0.5*fy	14061.0	-4627.51	-0.00	711	1021	0.00131	0.650	
§ Balanced point	9893.6	-4720.38	-0.00	545	1021	0.00262	0.650	
§ Tension control	8512.0	-5707.92	-0.00	383	1021	0.00500	0.900	
§ Pure bending	0.0	-2814.61	-0.00	132	1021	0.02021	0.900	
§ Max tension	-5783.4	0.00	0.00	0	1021	9.99999	0.900	
-Y § Max compression	30647.4	0.00	-0.00	8171	1021	-0.00263	0.650	
§ Allowable comp.	24517.9	-0.00	-2592.46	1202	1021	-0.00046	0.650	
§ fs = 0.0	20836.5	-0.00	-3681.15	1021	1021	-0.00000	0.650	
§ fs = 0.5*fy	14061.0	-0.00	-4627.51	711	1021	0.00131	0.650	
§ Balanced point	9893.6	-0.00	-4720.38	545	1021	0.00263	0.650	
§ Tension control	8512.0	-0.00	-5707.92	383	1021	0.00500	0.900	
§ Pure bending	0.0	-0.00	-2814.61	132	1021	0.02021	0.900	
§ Max tension	-5783.4	0.00	0.00	0	1021	9.99999	0.900	

Gambar 4. 48. Output SpColumn (setelah Mpr)

$$L_n = 3.25 \text{ m}$$

$$M_{pr} = 5707.92 \text{ kNm}$$

$$V_e = \frac{2xM_{pr}}{L_n} = \frac{2 \times 5707.92}{3.25} = 3512.57 \text{ kN} > V_u = 250.1(\text{ok})$$

4.5.3.8 Perhitungan Tulangan Geser

Menurut SNI 2847 : 2013 pasal 21.6.4.3, ujung-ujung kolom sepanjang l_o harus dikekang oleh tulangan transversal (Ash) dengan spasi sesuai dengan SNI 2847 : 2013 pasal 21.6.4.3.

- Pemasangan Tulangan didaerah Sendi Plastis

Jarak Tulangan Maksimum :

$$\frac{1}{4}b = \frac{1}{4} \times 1100 = 275 \text{ mm}$$

$$6db = 6 \times 25 = 150 \text{ mm}$$

$$100 < S < 150 \text{ mm}$$

Sehingga, direncanakan tulangan geser didaerah sendi plastis adalah 100 mm.

Ash min sesuai dengan SNI 2847 : 2013 pasal 21.6.4.4 diperoleh dari nilai terbesar dari hasil rumus berikut :

$$bcx = 1100 - 50 - 2 \times 16 = 968 \text{ mm}$$

$$Ach = (1100 - 50 - 2 \times 16)^2 = 937024 \text{ mm}^2$$

$$Ashx = 0.3 \frac{s \times bcx \times fc'}{fy} \left(\frac{Ag}{Ach} - 1 \right) = 805.71 \text{ mm}^2$$

$$Ash1 = \frac{0.09 s \times bcx \times fc'}{fy} = 829.71 \text{ mm}^2$$

$$As (D16) = \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 = 201.14 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ Pakai} = 4 \times AS(D16) = 804.57 \text{ mm}^2$$

Sehingga digunakan tulangan 4D16-100 mm

- Pemasangan Tulangan di Luar Daerah Sendi Plastis

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.5, sisa panjang kolom diluar sendi plastis tetap harus dipasang tulangan transversal dengan tidak lebih dari :

$$6db = 6 \times 25 = 150 \text{ mm}$$

$$\leq 150 \text{ mm}$$

sehingga digunakan tulangan 4D16-150 mm

4.5.3.9 Kontrol Kebutuhan Torsi

Menurut SNI 2847 : 2013 ps1 11.5.2.2, pengaruh puntir untuk struktur non-prategang yang dibebani tarik atau tekan aksial dapat diabaikan bila momen puntir kurang dari:

$$P_u = 8221.98 \text{ kN}$$

$$T_u = 53.56 \text{ kNm}$$

$$A_g = 1210000 \text{ mm}^2$$

$$A_{cp} = 1210000 \text{ mm}^2$$

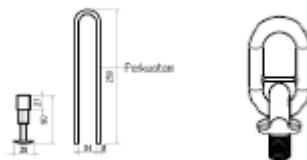
$$P_{cp} = 4400 \text{ mm}^2$$

$$T_n = \phi 0.33 \sqrt{f_c} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \sqrt{1 + \frac{P_u}{0.33 \sqrt{f_c}}}$$

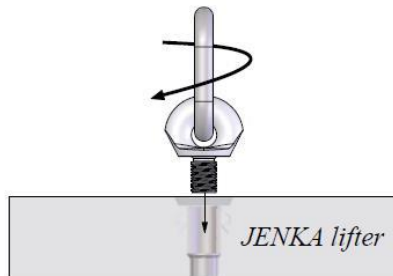
$$T_n = 931.24 \text{ kNm} > T_u = 53.56 \text{ kNm} \text{ (Torsi diabaikan)}$$

4.5.3.10 Pengangkatan Kolom Pracetak

Tulangan angkat yang digunakan adalah jenis JENKA Lifting System dari Peikko Group. Tipe yang digunakan adalah *JENKA BSA Short Insert dengan kait JL*. Di satu titik angkat profil ini dapat mengangkat beban sebesar 40 kN dengan sudut 0° - 90°.



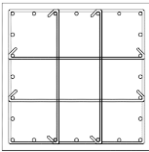
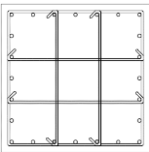
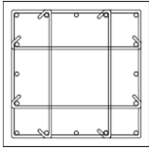
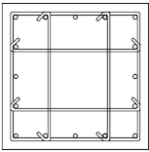
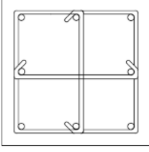
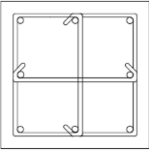
Gambar 4. 49. Profil BSA dan Perkuatan Kait JL



Gambar 4. 50. *JENKA Lifter*

Berikut merupakan rekapitulasi penulangan kolom pracetak hotel Swiss-Belinn:

Tabel 4. 29. Rekapitulasi Penulangan Kolom Pracetak

Type	K1		K2		K3	
Kondisi	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
Lantai Basement - Atap						
Penampang Kolom	110 x 110 cm		85 x 85 cm		60 x 60 cm	
Tulangan	24 D25		16 D25		8 D25	
BegeI	4D16-100	4D16-150	4D16-100	4D16-150	3D16-100	3D16-150

4.5.4 Perencanaan Dinding Geser (*ShearWall*)

Seluruh dinding geser menahan 75% gaya gempa yang disalurkan ke struktur bangunan. Perencanaan dinding geser dibedakan menjadi Dinding Geser Arah X dan dinding Geser Arah Y. Pada perhitungan ini, akan diberikan contoh perhitungan dinding geser arah X.

4.5.4.1 Data Perencanaan

Dinding geser arah X menahan semua gaya yang mengakibatkan gedung bergerak ke arah sumbu X. Terdapat 3 dinding geser arah X dengan bentang masing-masing 4 m. Berikut merupakan data perencanaan dinding geser arah X:

- Tebal Dinding (t) : 40 cm
- Lebar Dinding (l) : 4 m
- Tinggi Dinding (h) : 4 m
- f_c' : 40 Mpa
- f_y : 420 Mpa
- $D_{\text{Longitudinal}}$: 25 mm
- $D'_{\text{Transversal}}$: 16 mm
- Decking (d') : 50 mm
- dx : $400 - 50 - 0.5 \times 16 = 342$ mm
- δ : 12.1 mm

Berdasarkan hasil perhitungan ETABS didapat gaya aksial dan momen yang bekerja pada shearwall yaitu:

$$P_u = 11027.696 \text{ kN}$$

$$M_u = 8470.42 \text{ kNm}$$

$$V_u = 1172.83 \text{ kN}$$

4.5.4.2 Kontrol Ketebalan Minimum Dinding Geser

Menurut SNI 2847 : 2013 Psl. 14.5.3, Ketebalan dinding tidak boleh kurang dari :

$$\frac{1}{25} \lambda c < \text{Tebal dinding } (t)$$

$$\frac{1}{25} 4000 = 160 \text{ mm} < 400 \text{ mm (ok)}$$

$$\frac{1}{25} 4000 = 160 \text{ mm} < 400 \text{ mm (ok)}$$

4.5.4.3 Kontrol Dimensi Penampang terhadap Gaya Geser

Berdasarkan SNI 2847 : 2013, pasal 21.9.4.4, kontrol dimensi penampang dinding geser terhadap gaya geser, tidak boleh diambil melebihi :

$$V_n < 0.83 A_c v \sqrt{f_c'}$$

$$V_n = \frac{V_u}{\phi} = \frac{1172.83}{0.75} = 1563.77 \text{ kN}$$

$$0.83 A_c v \sqrt{f_c'} = \frac{0.83 \times 400 \times 4000 \times \sqrt{40}}{1000} = 8399.01 \text{ kN}$$

$$V_n = 1563.77 \text{ kN} < 0.83 A_c v \sqrt{f_c'} = 8399.01 \text{ kN (ok)}$$

4.5.4.4 Penulangan Geser Shearwall

Terdapat dua kondisi berdasarkan SNI 2847 : 2013 untuk menentukan jumlah lapisan tulangan pada dinding, yaitu :

- Berdasarkan SNI 2847 : 2013 psl 21.9.2.2 : bahwa sedikitnya harus dipasang dua lapis tulangan pada dinding apabila gaya geser terfaktor melebihi gaya geser nominal

$$V_u < 0.17 A_c v \sqrt{f_c'}$$

$$1172.83 \text{ kN} < \frac{0.17 \times 4000 \times 400 \sqrt{40}}{1000}$$

$$1172.83 \text{ kN} < 1720.28 \text{ kN (1 lapis tulangan)}$$

- Berdasarkan SNI 2847 : 2013 psl 14.3.4 : bahwa pada dinding yang mempunyai ketebalan lebih besar dari 250

mm, kecuali dinding ruang bawah tanah harus dipasang 2 lapis tulangan.

400 mm > 250 mm (2 Lapis Tulangan)

Dari kedua persyaratan tersebut, maka pada dinding geser arah X dipasang 2 lapis tulangan.

4.5.4.5 Penulangan Geser ShearWall Arah X

Menurut SNI 2847 : 2013 pasal 21.9.4.1, kuat geser dinding struktural dikatakan mencukupi apabila dipenuhi kondisi berikut :

$$V_u < \phi V_n$$

$$\phi V_n = A_{cv} [\alpha_c \sqrt{f_c'} + \rho_n f_y]$$

$$\frac{h}{l} = \frac{4000}{4000} = 1 < 2, \text{ maka } \alpha = 0.25$$

Dinding geser direncanakan dengan menggunakan tulangan geser 2D16 Dengan s = 200 mm.

$$\rho_n = \frac{A_s}{d \times s} = \frac{2 \times \frac{1}{4} \pi \times 16^2}{342 \times 200} = 0.006$$

$$\phi V_n = \frac{400 \times 4000 [0.25 \times \sqrt{40} + 0.006 \times 420]}{1000} = 6482.1 \text{ kN}$$

$$V_u = 1172.83 \text{ kN} < \phi V_n = 6482.1 \text{ kN} (OK)$$

4.5.4.6 Kontrol Rasio Tulangan

Menurut SNI 2847 : 2013 psl 11.9.9.2 : rasio tulangan horisontal (ρ_n) tidak boleh kurang dari 0.0025, dipakai tulangan horisontal 2D16 dengan rasio tulangan

$$\rho_n = 0.006 > 0.0025 (OK)$$

4.5.4.7 Kontrol Spasi Tulangan Vertical dan Horizontal

- Menurut SNI 2847:2013 Pasal 21.9.1 : Spasi tulangan vertikal dan tulangan horisontal tidak boleh lebih dari 450 mm.

$$S_{\text{transversal}} = 200 \text{ mm} < 450 \text{ mm (OK)}$$

$$S_{\text{longitudinal}} = 200 \text{ mm} < 450 \text{ mm (OK)}$$

- Menurut SNI 2847:2013 Pasal 11.9.9.3 : Spasi tulangan Horizontal tidak boleh lebih dari :

$$s < \frac{l}{3} = \frac{4000}{3} = 1333.33 \text{ mm}$$

$$s < 3h = 3 \times 4000 = 1200 \text{ mm}$$

$$s < 450 \text{ mm}$$

$$s \text{ pakai} = 200 \text{ mm (OK)}$$

- Menurut SNI 2847:2013 Pasal 11.9.9.5 : Spasi tulangan vertikal tidak boleh lebih dari :

$$s < \frac{l}{3} = \frac{4000}{3} = 1333.33 \text{ mm}$$

$$s < 3h = 3 \times 4000 = 1200 \text{ mm}$$

$$s < 450 \text{ mm}$$

$$s \text{ pakai} = 200 \text{ mm (OK)}$$

4.5.4.7 Kontrol Komponen Batas

- Komponen batas diperlukan apabila kombinasi momen dan gaya aksial terfaktor yang bekerja pada shearwall lebih dari $0.2f_c$. SNI 2847:2013 Pasal 21.9.6.3.

$$\frac{Mu}{W} + \frac{Pu}{Ac} > 0.2 f_c$$

$$\frac{8470.42 \times 10^6}{\frac{1}{6} \times 400 \times 4000^2} + \frac{11027.7 \times 10^3}{400 \times 4000} > 0.2 \times 40$$

$$14.83 \text{ Mpa} > 8 \text{ Mpa (butuh Komponen Batas)}$$

- Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.9.6.2, penentuan elemen pembatas khusus berdasarkan pendekatan perpindahan

(Displacement Method) dimana element pembatas diperlukan apabila:

$$C > \frac{l_w}{600 \times \left(\frac{\delta}{h_t}\right)}, \frac{\delta}{h_t} > 0.007$$

$$\frac{\delta}{h_t} = \frac{12.1}{54 \times 1000} = 0.000224, \text{ maka digunakan } 0.007$$

$$C > \frac{4000}{600 \times 0.007} = 952.38 \text{ mm}$$

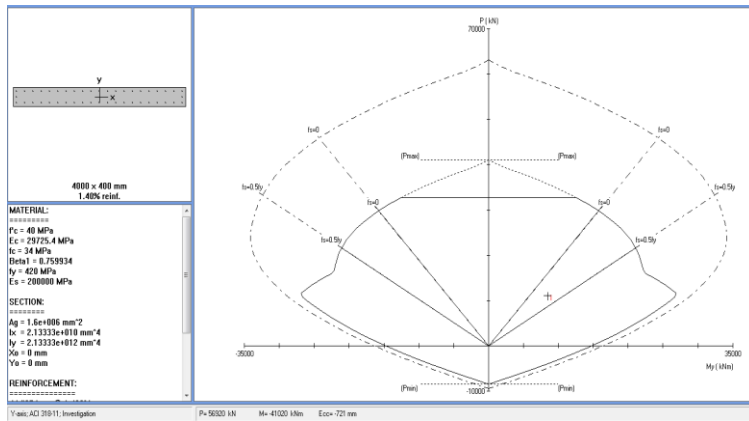
Dari output SpColumn, didapatkan nilai $c = 1471 \text{ mm}$
 $952.38 \text{ mm} < 1471 \text{ mm}$, (butuh komponen batas)

- Dari perhitungan kontrol diatas, panel tersebut harus diberi boundary element. Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.9.6.4, boundary element harus dipasang horizontal dari sisi serat tekan terluar tidak kurang dari :
 $(c - 0.1 L_w) = 1471 - 0.1 \times 4000 = 1071 \text{ mm}$
 $c/2 = 1471/2 = 735.5 \text{ mm}$

Sehingga digunakan jarak element pembatas = 1100 mm

4.5.4.8 Kontrol Tulangan Longitudinal ShearWall

Dari beban aksial dan momen yang terjadi, kemudian dilakukan perhitungan penulangan shearwall menggunakan program bantu SpColumn, didapatkan diagram interaksi sebagai berikut :

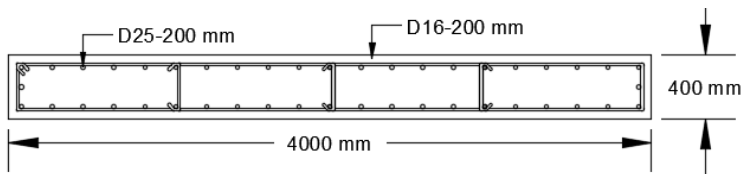


Gambar 4. 51. Diagra Interaksi ShearWall arah X

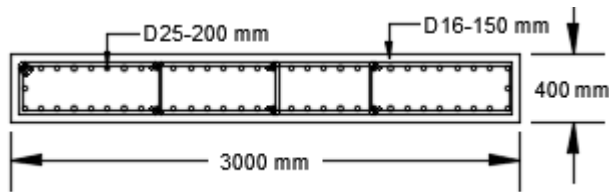
Dari hasil analisa program bantu SpColumn, digunakan tulangan Longitudinal 44 D25. Dari grafik di atas, didapatkan momen nominal shearwall :

$$M_n = 27047.04 \text{ kNm} > M_u = 8470.42 \text{ kNm (OK)}$$

Berikut merupakan rekapitulasi penulangan ShearWall hotel Swiss-Belinn:



Gambar 4. 52. Penulangan Shearwall Arah X



Gambar 4. 53. Penulangan Shearwall Arah Y

4.6 Perencanaan Sambungan Elemen Pracetak

4.6.1 Umum

Sambungan berfungsi sebagai penyalur gaya-gaya yang dipikul oleh elemen struktur ke elemen struktur yang lainnya. Gaya-gaya tersebut untuk selanjutnya diteruskan ke pondasi. Selain itu desain sambungan dibuat untuk menciptakan kestabilan. Suatu sambungan diharapkan dapat mentransfer beberapa gaya secara bersamaan.

Sambungan basah relatif mudah dalam pelaksanaannya jika dibandingkan dengan sambungan kering (non topping) seperti mechanical connection dan welding connection yang cukup rumit.

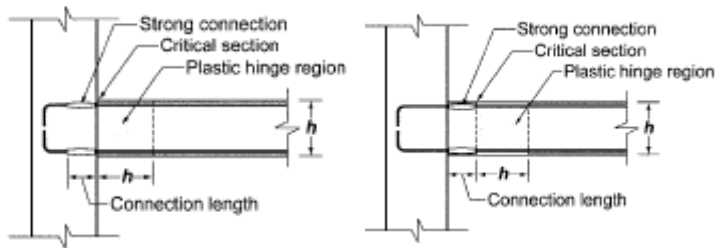
Untuk sambungan basah dalam daerah joint, diberikan tulangan yang dihitung berdasarkan panjang penyaluran dan sambungan lewatan. Selain itu juga dilakukan perhitungan geser friksi yaitu geser beton yang berbeda umurnya antara beton pracetak dengan beton topping. Di dalam pelaksanaan biasanya dipakai stud tulangan (shear connector) yang berfungsi sebagai penahan geser dan sebagai pengikat antara pelat pracetak dan pelat topping agar pelat bersifat secara monolit dalam satu kesatuan integritas struktur.

Sambungan antar elemen beton pracetak tersebut harus mempunyai cukup kekuatan, kekakuan dan dapat memberikan kebutuhan daktilitas yang disyaratkan. Baik sambungan cor setempat maupun sambungan grouting sudah banyak dipergunakan

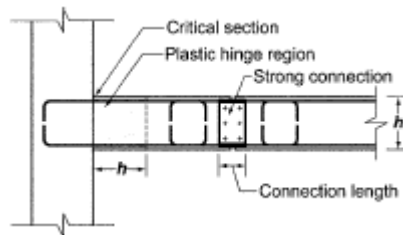
sebagai salah satu pemecahan masalah dalam mendesain konstruksi pracetak yang setara dengan konstruksi cor setempat (cast in situ).

4.6.2 Konsep Desain Sambungan

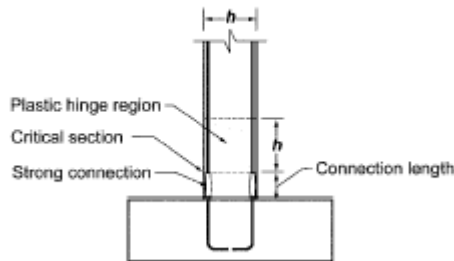
Konsep desain sambungan pada perencanaan gedung Hotel Swiss-Belinn ini berdasarkan dengan detail sambungan yang disyaratkan pada ACI 318M-14 pasal 18.9 sebagai berikut:



Gambar 4. 54. Detail Sambungan Balok – Kolom



Gambar 4. 55. Detai Sambungan Balok-Balok



Gambar 4. 56. Detai Sambungan Kolom-Kolom

Sambungan direncanakan dengan menggunakan produk dari *Peikko Group* dan *NMB Splice Sleeve*. Sambungan antar balok – kolom dan balok – balok menggunakan *Modix Coupler* dari produk *Peikko* untuk menyalurkan tulangan antar elemen pracetak, dan untuk menahan beban balok dan geser friksi digunakan konsol pendek. Sedangkan untuk sambungan antar kolom-kolom menggunakan *Splice Sleeve* kemudian digROUT khusus dengan mortar mutu tinggi sehingga menjadi satu kesatuan.

4.6.3 Perencanaan Konsol pada Elemen Pracetak

Pada perencanaan sambungan antara balok induk dan kolom maupun balok induk dan balok anak, dipergunakan sambungan dengan menggunakan konsol pendek. Balok induk diletakan pada konsol yang berada pada kolom yang kemudian dirangkai menjadi satu kesatuan begitupun antara balok induk dan balok anak. Perencanaan konsol tersebut mengikuti persyaratan yang diatur

h	: 300 mm
dx	: $h - d' - 0.5D = 250.5 \text{ mm}$
a_v	: 215 mm
l	: 430 mm

➤ Menentukan Luasan Tulangan Geser Friksi

Sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 11.6.5, untuk beton normal, kuat geser V_n tidak boleh diambil lebih besar daripada:

$$V_n = \frac{Vu}{\phi} = \frac{363.1362}{0.75} = 484.18 \text{ kN}$$

$$0.2 \times f'c' \times bw \times d = 0.2 \times 40 \times 500 \times 250.5 = 1002 \text{ kN (ok)}$$

$$(3.3 + 0.08f'c')bw \times dx = (3.3 + 0.08 \times 40)500 \times 250.5$$

$$(3.3 + 0.08f'c')bw \times dx = 814.125 \text{ kN(ok)}$$

$$11 \times bw \times dx = 11 \times 500 \times 250.5 = 1377.75 \text{ kN (ok)}$$

$$Avf = \frac{V_n}{f_y \times \mu} = \frac{484.18}{420 \times 1.4} = 823.44 \text{ mm}^2$$

➤ Luas Tulangan Lentur

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.4 akan digunakan N_{uc} minimum, sebagai berikut :

$$M_u = V_u \times a + N_{uc}(h - dx)$$

$$M_u = 363.14 \times 1000 \times 215 + 72.63(49.5) = 81669341 \text{ Nmm}$$

$$Af = \frac{M_u}{\phi f_y j d} = \frac{81669341}{0.75 \times 420 \times 0.85 \times 300} = 1016.736 \text{ mm}^2$$

$$An = \frac{N_{uc}}{\phi f_y} = \frac{72.63}{0.75 \times 420} = 230.56 \text{ mm}^2$$

• Kontrol Luasan Tulangan Primer

$$Asc = \frac{2}{3} Avf + An = \frac{2}{3} \times 823.44 + 230.56 = 779.52 \text{ mm}^2$$

$$Asc = Af + An = 1016.736 + 230.56 = 1247.3 \text{ mm}^2$$

$$Asc \text{ pakai} = 1247.3 \text{ mm}^2$$

$$Asc_{min} = 0.04 \frac{f_c'}{f_y} b w dx = 0.04 \frac{40}{420} 500 \times 250.5$$

$$Asc_{min} = 477.14 \text{ mm}^2$$

- Kontrol Luasan Tulangan Horizontal Tertutup

$$Ah = 0.5(Asc - An) = 0.5(1247.3 - 230.56)$$

$$Ah = 508.37 \text{ mm}^2$$

- Menentukan Banyaknya Tulangan

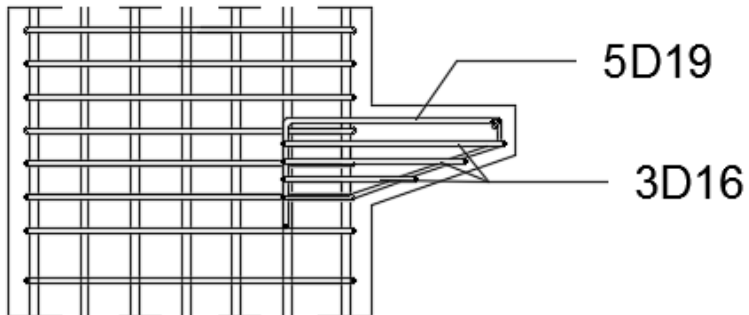
$$As(D19) = \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi \times 19^2 = 283.64 \text{ mm}^2$$

$$As(D16) = \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi \times 16^2 = 201.14 \text{ mm}^2$$

$$n_{Primer} = \frac{Asc}{As(D16)} = \frac{1247.3}{283.64} \approx 5$$

$$n_{Sekunder} = \frac{Ah}{As(D13)} = \frac{508.37}{201.14} \approx 3$$

Berikut merupakan gambar penulangan konsol pendek pada kolom dan balok 50/75



Gambar 4. 58. Penulangan Konsol Pendek

❖ Rekapitulasi Konsol Pendek

Konsol pendek digunakan pada sambungan balok induk ke kolom. Selain itu juga digunakan pada sambungan balok anak ke balok induk, dengan perhitungan yang sama berikut merupakan tabel rekapitulasi penulangan konsol pendek:

Tabel 4. 30. Rekapitulasi Penulangan Konsol Pendek

Sambungan	Vu (kn)	Nu (kn)	Ukuran		D Longitudinal	D Transversal	Primer		Horizontal	
			b (mm)	h (mm)			Asc (mm ²)	n	Ah (mm ²)	n
Kolom- Balok(50/75)	363.1362	72.62725	500	300	19 mm	16 mm	779.52149	5	508.3681	3
Kolom-Balok (40/70)	298.9634	59.79268	400	300	19 mm	16 mm	641.76573	4	418.5302	3
Balok Induk (50/75)- Balok Anak (40/55)	155.9544	31.19088	400	200	19 mm	16 mm	564.69763	3	232.8395	2
Balok Induk (40/70)- Balok Anak (40/55)	155.9544	31.19088	400	150	19 mm	16 mm	704.39161	3	302.6865	2

4.6.4 Perencanaan Sambungan Balok-Kolom

Sambungan balok dengan kolom memanfaatkan panjang penyaluran pada tulangan balok. Tulangan balok nantinya akan diteruskan atau dikaitkan ke dalam kolom. Panjang penyaluran bagian bawah akan menerima tekan dan panjang penyaluran bagian atas akan menerima Tarik. Maka perhitungan panjang penyaluran dihitung dalam dua kondisi yaitu tekan dan tarik. Pada sambungan balok-kolom terdapat 2 kondisi yaitu sambungan *single sided connection* dan *double sided connection*.

Dalam perencanaan sambungan ini akan digunakan produk sambungan dari *Peikko group* yaitu dengan menggunakan *Modix Rebar Couplers*. Diketahui bahwa *Modix Rebar Coupler* didesain untuk sambungan elemen pracetak yang tahan terhadap gaya tarik maupun gaya tekan yang terjadi pada penampang beton. Kekuatan leleh yang dimiliki oleh *Modix Rebar Coupler* adalah 550 Mpa, sehingga sambungan Coupler ini dapat digunakan karena kekuatan leleh pada baja tulangan hanya 420 Mpa. Dalam perencanaan tulangan atas dan bawah digunakan *Modix Rebar Coupler type PM*. Untuk kait standar juga menggunakan produk *Peikko Group* yang sesuai dengan perhitungan berikut :

❖ Sambungan Balok 50/75 – Kolom

➤ Data Perencanaan Sambungan:

$$d_b = 25 \text{ mm}$$

$$f_c' = 40 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 420 \text{ Mpa}$$

➤ *Single Sided Connection*

• Panjang Penyaluran Kait Standar dalam Tarik

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.5 panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tarik yang diakhiri dengan kait standar adalah sebagai berikut :

$$ldh = lhb \frac{fy}{400}$$

$$ldh \geq 8db$$

$$ldh \geq 150 \text{ mm}$$

Didapat :

$$lhb = 100 \times \frac{db}{\sqrt{f'c}} = 100 \times \frac{25}{\sqrt{40}} = 395.28 \text{ mm}$$

$$ldh = 395.28 \frac{420}{400} \approx 415 \text{ mm}$$

$$ldh \geq 8 \times 25 = 200 \text{ mm}$$

$$ldh \geq 150 \text{ mm}$$

Maka dipakai $ldh = 460 \text{ mm}$ dengan kait minimum panjang penyaluran yang masuk ke dalam kolom dengan panjang kait standar 90° sebesar $12 \times db = 12 \times 25 = 300 \text{ mm}$

- Pemilihan Profil Sambungan

Pada sambungan tulangan di bagian *Overtopping* balok menggunakan produk dari *Peikko Group* yaitu *Modix Rebar Coupler*. Profil yang digunakan pada bagian Kolom pada semua dimensi adalah ***Modix Coupler SM25A P12 – 760(460) -- PM25-- SM25B P- 1500***, pada bagian balok panjang Coupler sepanjang $2 \times h = 2 \times 750 \text{ mm} = 1500 \text{ mm}$.

- Panjang Penyaluran dalam Kondisi Tekan

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.3 panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tekan adalah sebagai berikut :

$$l_{dc} \geq 0.24 \frac{f_y}{\sqrt{f_c}} db = 0.24 \frac{420}{\sqrt{40}} 25 = 398.447 \text{ mm}$$

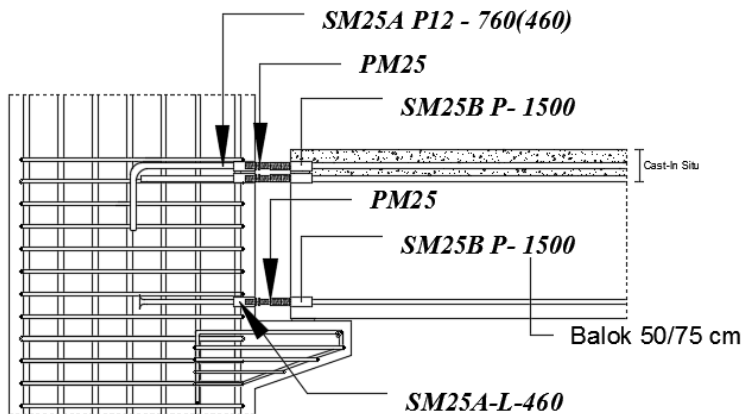
$$l_{dc} \geq 0.043 f_y db = 0.043 \times 420 \times 25 = 451.5 \text{ mm}$$

$$l_{dc} \geq 200 \text{ mm}$$

Maka digunakan panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tekan adalah $l_{dc} = 460 \text{ mm}$

- Pemilihan Profil Sambungan

Pada sambungan tulangan di bagian terkontrol tekan di balok menggunakan produk dari Peikko Group yaitu Modix Rebar Coupler. Profil yang digunakan pada bagian Kolom pada semua dimensi adalah **Modix Coupler SM25A-L-460 -- PM25-- SM25B P- 1500**, pada bagian balok panjang Coupler sepanjang $2 \times h = 2 \times 750 \text{ mm} = 1500 \text{ mm}$.



Gambar 4. 59. Sambungan Single Sided Balok 50/75 cm

➤ *Double Sided Connection*

• Panjang Penyaluran Kait Standar dalam Tarik

Perhitungan ini dilakukan ketika jumlah tulangan tarik di kedua sisi tidak sama, sehingga ada tulangan yang tidak memiliki pasangan. Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.5 panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tarik yang diakhiri dengan kait standar adalah sebagai berikut :

$$ldh = lhb \frac{fy}{400}$$

$$ldh \geq 8db$$

$$ldh \geq 150 \text{ mm}$$

Didapat :

$$lhb = 100 \times \frac{db}{\sqrt{fc'}} = 100 \times \frac{25}{\sqrt{40}} = 395.28 \text{ mm}$$

$$ldh = 395.28 \frac{420}{400} \approx 415 \text{ mm}$$

$$ldh \geq 8 \times 25 = 200 \text{ mm}$$

$$ldh \geq 150 \text{ mm}$$

Maka dipakai $ldh = 460 \text{ mm}$ dengan kait minimum panjang penyaluran yang masuk ke dalam kolom dengan panjang kait standar 90° sebesar $12 \times db = 12 \times 25 = 300 \text{ mm}$

• Pemilihan Profil Sambungan

Pada sambungan tulangan di bagian terkontrol tarik di balok menggunakan produk dari Peikko Group yaitu Modix Rebar Coupler. Profil yang diigunakan pada bagian Kolom ukuran 1.1/1.1 m adalah **Modix Coupler SM25A-D-1100 -- PM25-- SM25B P- 1500** , Kolom ukuran

0.85/0.85 m adalah **Modix Coupler SM25A-D-850 -- PM25-- SM25B P- 1500** , Kolom ukuran 0.6/0.6 m adalah **Modix Coupler SM25A-D-600 -- PM25-- SM25B P- 1500** . Pada bagian balok panjang Coupler sepanjang $2 \times h = 2 \times 750 \text{ mm} = 1500 \text{ mm}$. Sedangkan untuk tulangan yang tidak memiliki pasangan, dipakai profil pada kolom pada semua dimensi adalah **Modix Coupler SM25A P12 – 760(460) -- PM25-- SM25B P- 1500** , pada bagian balok panjang Coupler sepanjang $2 \times h = 2 \times 750 \text{ mm} = 1500 \text{ mm}$.

- Panjang penyaluran dalam kondisi Tekan

Perhitungan ini dilakukan ketika jumlah tulangan tekan di kedua sisi tidak sama, sehingga ada tulangan yang tidak memiliki pasangan. Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.3 panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tekan adalah sebagai berikut :

$$l_{dc} \geq 0.24 \frac{f_y}{\sqrt{f_c}} d_b = 0.24 \frac{420}{\sqrt{40}} 25 = 398.447 \text{ mm}$$

$$l_{dc} \geq 0.043 f_y d_b = 0.043 \times 420 \times 25 = 451.5 \text{ mm}$$

$$l_{dc} \geq 200 \text{ mm}$$

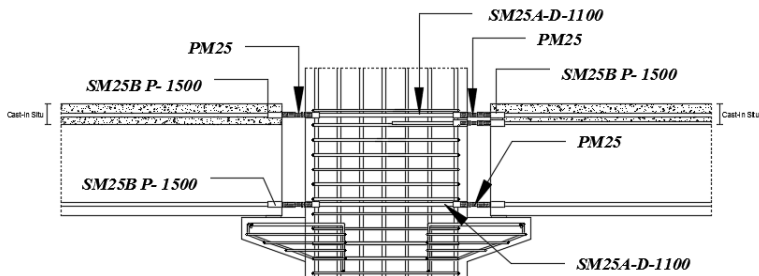
Maka digunakan panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tekan adalah $l_{dc} = 460 \text{ mm}$

- Pemilihan Profil Sambungan

Pada sambungan tulangan di bagian terkontrol tekan, balok menggunakan produk dari *Peikko Group* yaitu **Modix Rebar Coupler** . Profil yang diigunakan pada bagian Kolom ukuran 1.1/1.1 m adalah **Modix Coupler SM25A-D-1100 -- PM25-- SM25B P- 1500** , Kolom ukuran 0.85/0.85 m adalah **Modix Coupler SM25A-D-850 --**

PM25-- SM25B P- 1500 , Kolom ukuran 0.6/0.6 m adalah ***Modix Coupler SM25A-D-600 -- PM25-- SM25B P- 1500*** . Pada bagian balok panjang Coupler sepanjang $2 \times h = 2 \times 750 \text{ mm} = 1500 \text{ mm}$. Sedangkan untuk tulangan yang tidak memiliki pasangan, dipakai profil pada kolom pada semua dimensi adalah ***Modix Coupler SM25A P – 460 -- PM25-- SM25B P- 1500*** , pada bagian balok panjang Coupler sepanjang $2 \times h = 2 \times 750 \text{ mm} = 1500 \text{ mm}$.

Gambar 4. 60. Sambungan Double Sided Balok 50/75 cm



❖ Sambungan Balok 40/70 – Kolom

➤ Data Perencanaan Sambungan:

$$d_b = 25 \text{ mm}$$

$$f_c' = 40 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 420 \text{ Mpa}$$

➤ *Single Sided Connection*

- Panjang Penyaluran Kait Standar dalam Tarik

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.5 panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tarik yang diakhiri dengan kait standar adalah sebagai berikut :

$$ldh = lhb \frac{fy}{400}$$

$$ldh \geq 8db$$

$$ldh \geq 150 \text{ mm}$$

Didapat :

$$lhb = 100 \times \frac{db}{\sqrt{fc'}} = 100 \times \frac{25}{\sqrt{40}} = 395.28 \text{ mm}$$

$$ldh = 395.28 \frac{420}{400} \approx 415 \text{ mm}$$

$$ldh \geq 8 \times 25 = 200 \text{ mm}$$

$$ldh \geq 150 \text{ mm}$$

Maka dipakai $ldh = 460 \text{ mm}$ dengan kait minimum panjang penyaluran yang masuk ke dalam kolom dengan panjang kait standar 90° sebesar $12 \times db = 12 \times 25 = 300 \text{ mm}$

- Pemilihan Profil Sambungan

Pada sambungan tulangan di bagian *Overtopping* balok menggunakan produk dari *Peikko Group* yaitu *Modix Rebar Coupler*. Profil yang diigunakan pada bagian Kolom pada semua dimensi adalah ***Modix Coupler SM25A P12 – 760(460) -- PM25-- SM25B P- 1400***, pada bagian balok panjang Coupler sepanjang $2 \times h = 2 \times 700 \text{ mm} = 1400 \text{ mm}$.

- Panjang Penyaluran dalam Kondisi Tekan

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.3 panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tekan adalah sebagai berikut :

$$l_{dc} \geq 0.24 \frac{f_y}{\sqrt{f_c}} db = 0.24 \frac{420}{\sqrt{40}} 25 = 398.447 \text{ mm}$$

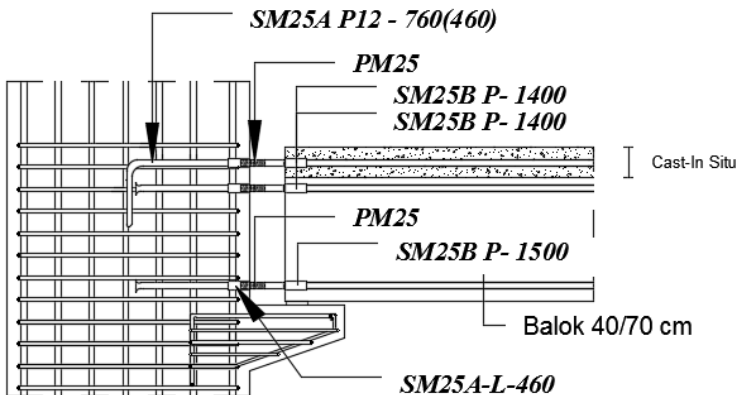
$$l_{dc} \geq 0.043 f_y db = 0.043 \times 420 \times 25 = 451.5 \text{ mm}$$

$$l_{dc} \geq 200 \text{ mm}$$

Maka digunakan panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tekan adalah $l_{dc} = 460 \text{ mm}$

- Pemilihan Profil Sambungan

Pada sambungan tulangan di bagian terkontrol tekan di balok menggunakan produk dari Peikko Group yaitu Modix Rebar Coupler . Profil yang diigunakan pada bagian Kolom pada semua dimensi adalah **Modix Coupler SM25A-L-460** -- **PM25-- SM25B P- 1400** , pada bagian balok panjang Coupler sepanjang $2 \times h = 2 \times 700 \text{ mm} = 1500 \text{ mm}$.



Gambar 4. 61. Sambungan Single Sided Balok 40/70 cm

➤ *Double Sided Connection*

• Panjang Penyaluran Kait Standar dalam Tarik

Perhitungan ini dilakukan ketika jumlah tulangan tarik di kedua sisi tidak sama, sehingga ada tulangan yang tidak memiliki pasangan. Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.5 panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tarik yang diakhiri dengan kait standar adalah sebagai berikut :

$$ldh = lhb \frac{fy}{400}$$

$$ldh \geq 8db$$

$$ldh \geq 150 \text{ mm}$$

Didapat :

$$lhb = 100 \times \frac{db}{\sqrt{fc'}} = 100 \times \frac{25}{\sqrt{40}} = 395.28 \text{ mm}$$

$$ldh = 395.28 \frac{420}{400} \approx 415 \text{ mm}$$

$$ldh \geq 8 \times 25 = 200 \text{ mm}$$

$$ldh \geq 150 \text{ mm}$$

Maka dipakai $ldh = 460 \text{ mm}$ dengan kait minimum panjang penyaluran yang masuk ke dalam kolom dengan panjang kait standar 90° sebesar $12 \times db = 12 \times 25 = 300 \text{ mm}$

• Pemilihan Profil Sambungan

Pada sambungan tulangan di bagian terkontrol tarik di balok menggunakan produk dari Peikko Group yaitu Modix Rebar Coupler. Profil yang diigunakan pada bagian Kolom ukuran 1.1/1.1 m adalah **Modix Coupler SM25A-D-1100 -- PM25-- SM25B P- 1400** , Kolom ukuran

0.85/0.85 m adalah **Modix Coupler SM25A-D-850 -- PM25-- SM25B P- 1400** , Kolom ukuran 0.6/0.6 m adalah **Modix Coupler SM25A-D-600 -- PM25-- SM25B P- 1400** . Pada bagian balok panjang Coupler sepanjang $2 \times h = 2 \times 700 \text{ mm} = 1400 \text{ mm}$. Sedangkan untuk tulangan yang tidak memiliki pasangan, dipakai profil pada kolom pada semua dimensi adalah **Modix Coupler SM25A P12 – 760(460) -- PM25-- SM25B P- 1400** , pada bagian balok panjang Coupler sepanjang $2 \times h = 2 \times 700 \text{ mm} = 1400 \text{ mm}$.

- Panjang penyaluran dalam kondisi Tekan

Perhitungan ini dilakukan ketika jumlah tulangan tekan di kedua sisi tidak sama, sehingga ada tulangan yang tidak memiliki pasangan. Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.3 panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tekan adalah sebagai berikut :

$$l_{dc} \geq 0.24 \frac{f_y}{\sqrt{f_c}} d_b = 0.24 \frac{420}{\sqrt{40}} 25 = 398.447 \text{ mm}$$

$$l_{dc} \geq 0.043 f_y d_b = 0.043 \times 420 \times 25 = 451.5 \text{ mm}$$

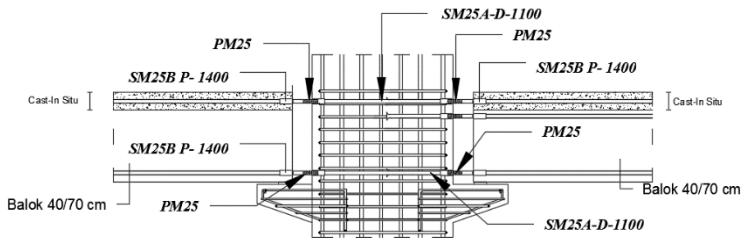
$$l_{dc} \geq 200 \text{ mm}$$

Maka digunakan panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tekan adalah $l_{dc} = 460 \text{ mm}$

- Pemilihan Profil Sambungan

Pada sambungan tulangan di bagian terkontrol tekan balok menggunakan produk dari *Peikko Group* yaitu **Modix Rebar Coupler** . Profil yang diigunakan pada bagian Kolom ukuran 1.1/1.1 m adalah **Modix Coupler SM25A-D-1100 -- PM25-- SM25B P- 1400** , Kolom ukuran

0.85/0.85 m adalah **Modix Coupler SM25A-D-850 -- PM25-- SM25B P- 1400** , Kolom ukuran 0.6/0.6 m adalah **Modix Coupler SM25A-D-600 -- PM25-- SM25B P- 1400** . Pada bagian balok panjang Coupler sepanjang $2 \times h = 2 \times 700 \text{ mm} = 1400 \text{ mm}$. Sedangkan untuk tulangan yang tidak memiliki pasangan, dipakai profil pada kolom pada semua dimensi adalah **Modix Coupler SM25A L – 460 -- PM25-- SM25B P- 1400** , pada bagian balok panjang Coupler sepanjang $2 \times h = 2 \times 700 \text{ mm} = 1400 \text{ mm}$



mm.

Gambar 4. 62. Sambungan Double Sided Balok 40/70 cm

4.6.5 Perencanaan Sambungan Balok Anak – Balok Induk

❖ Sambungan Balok Anak 40/55 – Balok Induk 40/70

➤ Data Perencanaan Sambungan:

$$d_b = 25 \text{ mm}$$

$$f_c' = 40 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 420 \text{ Mpa}$$

➤ Single Sided Connection

• Panjang Penyaluran Kait Standar dalam Tarik

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.5 panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tarik yang diakhiri dengan kait standar adalah sebagai berikut :

$$l_{dh} = l_{hb} \frac{f_y}{400}$$

$$ldh \geq 8db$$

$$ldh \geq 150 \text{ mm}$$

Didapat :

$$lhb = 100 \times \frac{db}{\sqrt{fc'}} = 100 \times \frac{25}{\sqrt{40}} = 395.28 \text{ mm}$$

$$ldh = 395.28 \frac{420}{400} \approx 415 \text{ mm}$$

$$ldh \geq 8 \times 25 = 200 \text{ mm}$$

$$ldh \geq 150 \text{ mm}$$

Maka dipakai $ldh = 200 \text{ mm}$ karena balok anak hanya sebagai balok sekunder, dengan kait minimum panjang penyaluran yang masuk ke dalam Balok induk dengan panjang kait standar 90° sebesar $12 \times db = 12 \times 25 = 300 \text{ mm}$

- Pemilihan Profil Sambungan

Pada sambungan tulangan di bagian *Overtopping* balok menggunakan produk dari *Peikko Group* yaitu *Modix Rebar Coupler*. Profil yang digunakan pada bagian balok induk adalah ***Modix Coupler SM25A P12 – 500(200) -- PM25-- SM25B P-1100***, pada bagian balok anak panjang Coupler sepanjang $2 \times h = 2 \times 550 \text{ mm} = 1100 \text{ mm}$.

- Panjang Penyaluran dalam Kondisi Tekan

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.3 panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tekan adalah sebagai berikut :

$$l_{dc} \geq 0.24 \frac{f_y}{\sqrt{f_c}} db = 0.24 \frac{420}{\sqrt{40}} 25 = 398.447 \text{ mm}$$

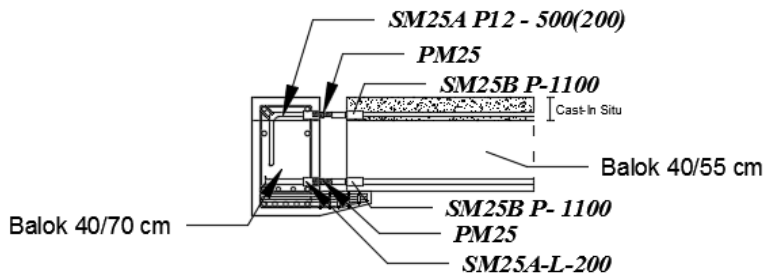
$$l_{dc} \geq 0.043 f_y db = 0.043 \times 420 \times 25 = 451.5 \text{ mm}$$

$$l_{dc} \geq 200 \text{ mm}$$

Dikarenakan balok anak merupakan balok sekunder, maka digunakan panjang penyaluran minimum tulangan dalam kondisi tekan adalah $l_{dc} = 200 \text{ mm}$

- **Pemilihan Profil Sambungan**

Pada sambungan tulangan di bagian terkontrol tekan di balok menggunakan produk dari Peikko Group yaitu *Modix Rebar Coupler*. Profil yang digunakan pada bagian balok induk adalah ***Modix Coupler SM25A-L-200 -- PM25-- SM25B P- 1100***, pada bagian balok anak panjang Coupler sepanjang $2 \times h = 2 \times 550 \text{ mm} = 1100 \text{ mm}$.



Gambar 4. 63. Sambungan Single Sided Balok Induk-Balok Anak

➤ *Double Sided Connection*

- **Panjang Penyaluran Kait Standar dalam Tarik**

Perhitungan ini dilakukan ketika jumlah tulangan tarik di kedua sisi tidak sama, sehingga ada tulangan yang tidak memiliki pasangan. Berdasarkan SNI 2847:2013

pasal 12.5 panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tarik yang diakhiri dengan kait standar adalah sebagai berikut :

$$ldh = lhb \frac{fy}{400}$$

$$ldh \geq 8db$$

$$ldh \geq 150 \text{ mm}$$

Didapat :

$$lhb = 100 \times \frac{db}{\sqrt{f'c}} = 100 \times \frac{25}{\sqrt{40}} = 395.28 \text{ mm}$$

$$ldh = 395.28 \frac{420}{400} \approx 415 \text{ mm}$$

$$ldh \geq 8 \times 25 = 200 \text{ mm}$$

$$ldh \geq 150 \text{ mm}$$

Dikarenakan balok anak merupakan struktur sekunder, maka dipakai $ldh = 200 \text{ mm}$ dengan kait minimum panjang penyaluran yang masuk ke dalam balok induk dengan panjang kait standar 90° sebesar $12 \times db = 12 \times 25 = 300 \text{ mm}$

- **Pemilihan Profil Sambungan**

Pada sambungan tulangan di bagian terkontrol tarik di balok menggunakan produk dari Peikko Group yaitu *Modix Rebar Coupler*. Profil yang digunakan pada bagian Balok induk ukuran 0.4/0.7 m adalah **Modix Coupler SM25A-D-400 -- PM25 -- SM25B P- 1100** , Pada bagian balok anak panjang Coupler sepanjang $2 \times h = 2 \times 550 \text{ mm} = 1100 \text{ mm}$. Sedangkan untuk tulangan yang tidak memiliki pasangan, dipakai profil pada balok induk **Modix Coupler SM25A P12 -500(200) -- PM25-- SM25B P-**

1100 , pada bagian balok panjang Coupler sepanjang $2 \times h = 2 \times 550 \text{ mm} = 1100 \text{ mm}$.

- Panjang penyaluran dalam kondisi Tekan

Perhitungan ini dilakukan ketika jumlah tulangan tekan di kedua sisi tidak sama, sehingga ada tulangan yang tidak memiliki pasangan. Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.3 panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tekan adalah sebagai berikut :

$$l_{dc} \geq 0.24 \frac{f_y}{\sqrt{f_c}} d_b = 0.24 \frac{420}{\sqrt{40}} 25 = 398.447 \text{ mm}$$

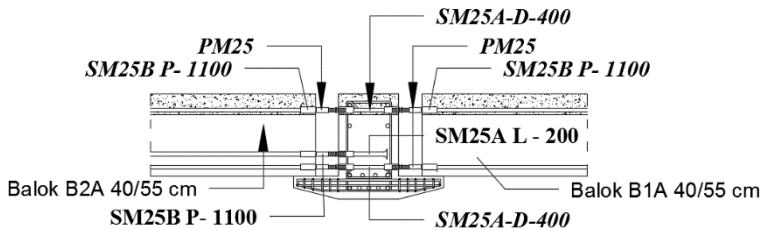
$$l_{dc} \geq 0.043 f_y d_b = 0.043 \times 420 \times 25 = 451.5 \text{ mm}$$

$$l_{dc} \geq 200 \text{ mm}$$

Karena balok anak merupakan struktur sekunder, maka digunakan panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tekan adalah $l_{dc} = 200 \text{ mm}$

- Pemilihan Profil Sambungan

Pada sambungan tulangan di bagian terkontrol tekan balok menggunakan produk dari *Peikko Group* yaitu *Modix Rebar Coupler* . Profil yang diigunakan pada bagian balok induk ukuran 0.4/0.7 m adalah ***Modix Coupler SM25A-D-400 -- PM25-- SM25B P- 1100*** , Pada bagian balok panjang Coupler sepanjang $2 \times h = 2 \times 550 \text{ mm} = 1100 \text{ mm}$. Sedangkan untuk tulangan yang tidak memiliki pasangan, dipakai profil pada balok induk ***Modix Coupler SM25A L – 200 -- PM25-- SM25B P- 1100*** , pada bagian balok panjang Coupler sepanjang $2 \times h = 2 \times 550 \text{ mm} = 1100 \text{ mm}$.



Gambar 4.64. Sambungan Double Sided Balok Induk-Balok Anak

❖ Sambungan Balok Anak 40/55 – Balok Induk 50/75

➤ Data Perencanaan Sambungan:

$$db = 25 \text{ mm}$$

$$fc' = 40 \text{ Mpa}$$

$$fy = 420 \text{ Mpa}$$

➤ *Single Sided Connection*

• Panjang Penyaluran Kait Standar dalam Tarik

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.5 panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tarik yang diakhiri dengan kait standar adalah sebagai berikut :

$$ldh = lhb \frac{fy}{400}$$

$$ldh \geq 8db$$

$$ldh \geq 150 \text{ mm}$$

Didapat :

$$lhb = 100 \times \frac{db}{\sqrt{fc'}} = 100 \times \frac{25}{\sqrt{40}} = 395.28 \text{ mm}$$

$$ldh = 395.28 \times \frac{420}{400} \approx 415 \text{ mm}$$

$$ldh \geq 8 \times 25 = 200 \text{ mm}$$

$$ldh \geq 150 \text{ mm}$$

Maka dipakai $ldh = 200$ mm karena balok anak hanya sebagai balok sekunder, dengan kait minimum panjang penyaluran yang masuk ke dalam Balok induk dengan panjang kait standar 90° sebesar $12 \times db = 12 \times 25 = 300$ mm

- Pemilihan Profil Sambungan

Pada sambungan tulangan di bagian *Overtopping* balok menggunakan produk dari *Peikko Group* yaitu *Modix Rebar Coupler*. Profil yang digunakan pada bagian balok induk adalah ***Modix Coupler SM25A P12 – 500(200) -- PM25-- SM25B P-1100***, pada bagian balok anak panjang Coupler sepanjang $2 \times h = 2 \times 550$ mm = 1100 mm.

- Panjang Penyaluran dalam Kondisi Tekan

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.3 panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tekan adalah sebagai berikut :

$$ldc \geq 0.24 \frac{fy}{\sqrt{fc}} db = 0.24 \frac{420}{\sqrt{40}} 25 = 398.447 \text{ mm}$$

$$ldc \geq 0.043 fy db = 0.043 \times 420 \times 25 = 451.5 \text{ mm}$$

$$ldc \geq 200 \text{ mm}$$

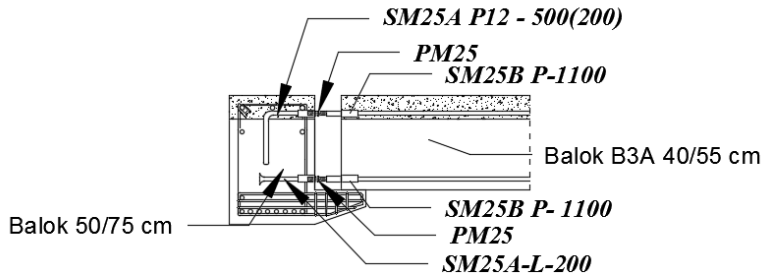
Dikarenakan balok anak merupakan balok sekunder, maka digunakan panjang penyaluran minimum tulangan dalam kondisi tekan adalah $ldc = 200$ mm

- Pemilihan Profil Sambungan

Pada sambungan tulangan di bagian terkontrol tekan di balok menggunakan produk dari *Peikko Group* yaitu *Modix Rebar Coupler*. Profil yang digunakan pada bagian

balok induk adalah **Modix Coupler SM25A-L-200 -- PM25-- SM25B P- 1100** , pada bagian balok anak panjang Coupler sepanjang $2 \times h = 2 \times 550 \text{ mm} = 1100 \text{ mm}$.

Gambar 4. 65. Sambungan Single Sided Balok Induk-Balok Anak



4.6.6 Perencanaan Sambungan Pelat – Balok

Sambungan antara balok dengan pelat mengandalkan adanya tulangan yang dipasang memanjang melintas tegak lurus di atas balok (menghubungkan stud-stud pelat). Selanjutnya pelat pracetak yang sudah dihubungkan stud – studnya tersebut diberi *overtopping* dengan metode *cast-in situ*. Proses *overtopping* tersebut dilakukan bersamaan dengan proses penyambungan *overtopping* balok pracetak (sambungan balok induk dan kolom pracetak). Dapat disimpulkan bahwa semua induk dan kolom pracetak). Dapat disimpulkan bahwa semua komponen pracetak dapat dilakukan dalam waktu bersamaan.

➤ Data Perencanaan Sambungan :

db : 10 mm
 f_c' : 40 Mpa
 f_y : 420 Mpa

➤ Panjang Penyaluran Tulangan Pelat Kondisi Tarik

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 12.2.1, bahwa tulangan ulir dalam kondisi Tarik l_d tidak boleh kurang dari, sebagai berikut:

$$l_d > 300 \text{ mm}$$

$$l_d > \left(\frac{f_y \psi_t \psi_e}{2.1 \sqrt{f_c}} \right) d_b$$

$$l_d > \left(\frac{420 \times 1 \times 1}{2.1 \sqrt{40}} \right) 10 = 316.23 \text{ mm}$$

Maka digunakan panjang penyaluran pada daerah Tarik $l_d = 320 \text{ mm}$

➤ Panjang Penyaluran Tulangan Pelat Kondisi Tekan

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.3.1, bahwa panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dan kawat ulir dalam kondisi tekan, l_{dc} tidak boleh kurang dari, sebagai berikut :

$$l_{dc} > 200 \text{ mm}$$

$$l_{dc} > \frac{0.24 f_y}{\sqrt{f_c}} d_b = \frac{0.24 \times 420}{\sqrt{40}} 10 = 159.38 \text{ mm}$$

$$l_{dc} > 0.043 \times f_y \times d_b = 0.043 \times 420 \times 10 = 180.6 \text{ mm}$$

Maka digunakan panjang penyaluran pada daerah tekan $l_{dc} = 200 \text{ mm}$

4.6.7 Perencanaan Sambungan Tangga – Shearwall

Pada perencanaan tangga maupun perencanaan shearwall pada tugas akhir ini, direncanakan menggunakan metode *cast-in situ*, sehingga pada perencanaan sambungannya, dihitung panjang penyaluran dari tangga ke shearwall.

➤ Data Perencanaan:

$$d_b = 16 \text{ mm}$$

$$f_c' = 40 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 420 \text{ Mpa}$$

➤ Panjang Penyaluran Tulangan pada Kondisi Tarik

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.5 panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tarik yang diakhiri dengan kait standar adalah sebagai berikut :

$$ldh = lhb \frac{fy}{400}$$

$$ldh \geq 8db$$

$$ldh \geq 150 \text{ mm}$$

Didapat :

$$lhb = 100 \times \frac{db}{\sqrt{fc'}} = 100 \times \frac{16}{\sqrt{40}} = 252.98 \text{ mm}$$

$$ldh = 252.98 \frac{420}{400} \approx 265 \text{ mm}$$

$$ldh \geq 8 \times 16 = 128 \text{ mm}$$

$$ldh \geq 150 \text{ mm}$$

Maka dipakai $ldh = 300 \text{ mm}$ dengan kait minimum panjang penyaluran yang masuk ke dalam Balok induk dengan panjang kait standar 90° sebesar $12 \times db = 12 \times 16 = 192 = 200 \text{ mm}$.

➤ Panjang Penyaluran Tulangan pada Kondisi Tekan

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.3 panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tekan adalah sebagai berikut :

$$ldc \geq 0.24 \frac{fy}{\sqrt{fc}} db = 0.24 \frac{420}{\sqrt{40}} 16 = 255 \text{ mm}$$

$$ldc \geq 0.043 fy db = 0.043 \times 420 \times 16 = 288.96 \text{ mm}$$

$$l_{dc} \geq 200 \text{ mm}$$

maka digunakan panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tekan adalah $l_{dc} = 300 \text{ mm}$

4.6.8 Perencanaan Sambungan antar Kolom Pracetak

Pada perencanaan sambungan antar kolom dengan kolom, digunakan metode *NMB Splice Sleeve*. Pada penggunaan metode *NMB Splice Sleeve* ini tidak diperlukan perhitungan panjang penyaluran untuk proses penyambungannya. Hal ini dikarenakan, tulangan antar kolom yang dilakukan penyambungan dengan coupler dianggap sudah monolit dan menerus. Untuk ilustrasi mengenai penyaluran antar tulangan kolom pracetak tersebut dapat dilihat pada gambar berikut :

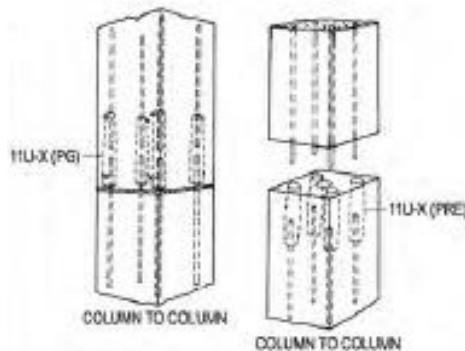


Gambar 4. 66. Ilustrasi Pertemuan antar Tulangan Kolom

➤ Mekanisme Penyambungan

Pada proses penyambungan antar kolom dilakukan proses grouting pada bagian panjang penyalurannya yang juga menggunakan coupler. Untuk itu, pada bagian kolom tersebut diberi lubang sebagai tempat meletaknya coupler yang berguna untuk melakukan proses grouting tersebut. Lubang grouting di lakukan pada sisi-sisi kolom tersebut yang telah ditetapkan lubang coupler untuk menuju aluran panjang penyaluran.

Pada penyambungan antar kolom dengan dimensi berbeda pada dasarnya sama seperti pada proses penyambungan antar kolom dengan dimensi sama, hanya saja pada tulangan panjang penyaluran pada kondisi ini lebih dilakukan penyesuaian terhadap lubang kolom yg berada di atasnya. Untuk metode penyambungannya di sini penulis menggunakan referensi dari produk *couple for splicing reinforcing bar* dari *NMB Splice Sleeve*.



Gambar 4. 67. Ilustrasi Penyambungan antar Kolom Pracetak.

➤ Perencanaan Sambungan Kolom-Kolom

Diketahui pada sub-bab sebelumnya, bahwa diameter tulangan yang digunakan pada kolom semua jenis adalah sebesar 25 mm. Maka berdasarkan brosur dari *NMB Splice Sleeve* digunakan tipe 8U-X dengan diameter 48 mm > $d_b = 25$ mm dengan spesifikasi 85000 psi = 586 Mpa. $1,5 F_y = 1,5 \times 420 = 630$ Mpa sehingga termasuk kategori mechanical splice tipe 2. Sesuai dengan ACI 318M-14 mechanical splices dapat digunakan dilokasi manapun. Dan digROUTING dengan non shrinkage SS Mortar tipe 2 yang memiliki kekuatan minimum 9500 psi = 65,5 Mpa.

Sambungan juga harus memenuhi ACI 318M-14 dimana $\phi M_n = 4877.83$ KNm > $0,4 M_{pr} = 2283.17$ KNm dan $\phi V_n = 3512.56$ kN > $V_e = 250,08$ kN

4.7 Perencanaan Pondasi

4.7.1 Umum

Perencanaan pondasi merupakan perencanaan struktur bawah bangunan. Pondasi pada umumnya berlaku sebagai komponen struktur pendukung bangunan yang terbawah dan berfungsi sebagai elemen terakhir yang meneruskan beban ke tanah. Pondasi pada gedung ini direncanakan memakai pondasi tiang pancang jenis prestressed concrete spun pile produk dari PT. WIKA (Wijaya Karya) Beton. Pada bab perencanaan pondasi pembahasan meliputi perencanaan jumlah tiang pancang yang dibutuhkan dan perencanaan poer (pile cap).

4.7.2 Beban Struktur

Beban struktur menentukan bagaimana perencanaan pondasi yang akan dilakukan. Beban struktur disalurkan melalui kolom kemudian ke tiang pancang. Beban yang bekerja pada pondasi dihitung menurut SNI 1726:2012 kombinasi beban untuk metoda tegangan ijin. Kombinasi beban-beban dibawah ini adalah

kombinasi beban untuk menghitung tiang pancang dengan desain tegangan ijin.

- D
- D + L
- D + 0.75L
- D + 0.7E
- D + 0.75L + 0.75(0.7E)
- 0.6D + 0.7E

Dari kombinasi beban di atas dilakukan control dari masing-masing kombinasi untuk menentukan perhitungan jumlah tiang pancang, defleksi dan momen yang terjadi pada reaksi perletakan.

Output dari joint reaction ini kemudian dipilih sesuai kombinasi maksimum yang paling menentukan dalam perhitungan P_{ijin} 1 tiang. Berikut ini adalah output dari joint reaction pada pondasi.

Tabel 4. 31. Beban Akibat Kolom

Kombinasi	Hx	Hy	P	Mx	My
	ton	ton	ton	ton.m	ton.m
D+L	7.37298	10.26773	1147.0055	10.0635	5.72894
D+0,7Ey	7.95907	13.40119	932.71654	40.45903	30.52387
D+0,7Ex	9.77157	11.42425	938.08914	36.54426	28.03299
D+0,75L+0,525 Ey	7.86467	13.7997	1098.1192	31.8928	24.2097
D+0,75L+0,525 Ex	9.23232	11.42576	1102.1487	28.95673	22.3075
D+0,75L	6.90815	9.67679	1091.0903	9.4996	5.37963
D	5.51363	7.90398	923.34464	7.80789	4.33172
0,6D+0,7Ey	6.924	10.2396	563.37868	39.13607	29.33383
0,6D+0,7Ex	8.23093	9.26127	568.75128	35.2213	27.68554
Envelope Ultimate	14.33336	19.70168	1465.871	58.00488	43.66438

Tabel 4. 32. Beban Akibat Shearwall

Kombinasi	Hx	Hy	P	Mx	My
	ton	ton	ton	ton.m	ton.m
D+L	10.64157	1.55387	5896.0723	0.34155	1.604
D + 0.7Ey	141.83288	255.6708	7297.9587	39.19258	37.16384
D + 0.7Ex	225.40536	193.2782	7244.7682	22.8886	57.06806
D + 0.75L + 0.525Ey	102.90946	191.0043	7371.49	29.47436	28.56806
D + 0.75L + 0.525Ex	165.58881	144.2099	7331.5971	17.24636	43.49622
D+0,75L	10.23921	1.37377	5684.0708	0.34426	1.45691
D	9.03202	0.83329	5048.0665	0.35249	1.01562
0.6D + 0.7Ey	145.44567	256.0041	5278.7321	39.05161	36.7576
0.6D + 0.7Ex	229.01813	193.6116	5225.5416	22.74761	56.66182
Envelope Ultimate	347.31315	437.1085	9723.6708	117.2647	123.8098

4.7.3 Spesifikasi Tiang Pancang

Pada perencanaan pondasi gedung ini, digunakan pondasi tiang pancang jenis *Prestressed Concrete Spun Piles* Produk dari PT. Wijaya Karya Beton.

1. Tiang pancang beton pracetak (*precast concrete pile*) dengan bentuk penampang bulat.
2. Mutu beton tiang pancang $f_c' = 52 \text{ Mpa}$ (*concrete cube compressive strength is 600 kg/cm² at 28 days*).

Berikut ini, spesifikasi tiang pancang yang akan digunakan berdasarkan produk dari PT. Wijaya Karya Beton :

- Diameter tiang : 600 mm
- Tebal tiang : 100 mm
- Kelas tiang : C
- *Concrete cross section* : 1570 cm²
- Berat : 393 kg/m
- Panjang : 6 – 20 m

- *Bending moment crack* : 29 t.m
- *Beding momen ultimate* : 58 t.m
- *Allowable axial load* : 229.5 ton

4.7.4 Data Tanah

Data tanah diperlukan untuk merencanakan pondasi yang sesuai dengan jenis dan kemampuan daya dukung tanah tersebut. Data tanah didapatkan melalui penyelidikan tanah pada lokasi dimana struktur tersebut akan dibangun. Dalam hal ini data tanah yang digunakan untuk perencanaan pondasi gedung Hotel Swiss-Belinn Darmo Surabaya adalah data tanah Proyek Tram Surabaya (Jl. Raya Darmo Depan Taman Bungkul) hasil Uji Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil ITS Surabaya.

4.7.5 Daya Dukung Pondasi

4.7.5.1 Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal

Daya dukung pada pondasi tiang pancang ditentukan oleh dua hal, yaitu daya dukung perlawanan tanah dari unsur dasar tiang pondasi (Q_p) dan daya dukung tanah dari unsur lekatan lateral tanah (Q_s). Sehingga daya dukung total dari tanah dapat dirumuskan:

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

Disamping peninjauan berdasarkan kekuatan tanah tempat pondasi tiang pancang di tanam, daya dukung suatu tiang juga harus ditinjau berdasarkan kekuatan bahan tiang pancang tersebut. Hasil daya dukung yang menentukan yang dipakai sebagai daya dukung ijin tiang. Perhitungan daya dukung dapat ditinjau dari dua keadaan, yaitu :

1. Daya dukung tiang pancang tunggal yang berdiri sendiri

2. Daya dukung tiang pancang dalam kelompok.

Daya dukung SPT dari lapangan tidak dapat langsung digunakan untuk perencanaan tiang pancang. Harus dilakukan koreksi terlebih dahulu terhadap data SPT asli. Metode perhitungan menggunakan cara dari Terzaghi Bazaraa 1960, adapun perhitungannya adalah sebagai berikut:

1. Koreksi terhadap muka air tanah

Khusus untuk tanah berpasir halus, pasir lanau, dan pasir belempong, yang berada di bawah muka air tanah dan hanya bila $N > 15$

$$a. N_1 = 15 + \frac{1}{2} (N-15)$$

$$b. N_1 = 0.6 N$$

Kemudian dipilih harga N_1 yang terkecil.

2. Koreksi terhadap Overburden tanah

Dari harga N_1 dikoreksi lagi untuk pengaruh tekanan tanah vertikal, dengan rumus sebagai berikut :

$$N_2 = \frac{4N_1}{1 + 0.4 P_o}, \text{ untuk } P_o < 0.75 \text{ ton}$$

$$N_2 = \frac{4N_1}{3.25 + 0.1 P_o}, \text{ untuk } P_o > 0.75 \text{ ton}$$

Perhitungan daya dukung tiang pancang ini dilakukan berdasarkan hasil uji Standard Penetration Test (SPT) dengan kedalaman 30 m.

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$Q_p = q_p \times A_p$$

Dimana:

N_p = Harga rata-rata SPT disekitar 4D di atas hingga 4D di bawah dasa tiang pondasi.

K = Koefisien karakteristik tanah

- = 12 t/m², untuk tanah lempung
- = 20 t/m², untuk tanah lanau berlempung
- = 25 t/m², untuk tanah lanau berpasir
- = 40 t/m², untuk tanah pasir
- = 40 t/m², untuk lempung sangat kaku (Poulos, H.G)

A_p = Luas Penampang dasar tiang

$$= \frac{1}{4} \cdot 3.14 \cdot 0.45^2 = 0.158 \text{ m}^2$$

q_p = tegangan di ujung tiang

$$Q_s = q_s \times A_s = \left(\frac{N_s}{3} + 1 \right) A_s$$

Dimana :

q_s = tegangan akibat lekatan lateral dalam t/m²

N_s = harga rata-rata sepanjang tiang yang tertanam,
dengan batasan : $3 \leq N \leq 50$

A_s = keliling x panjang tiang yang terbenam

Daya dukung ijin dari satu tiang pancang yang berdiri sendiri adalah daya dukung tiang total dibagi dengan suatu angka keamanan.

$$P \text{ ijin 1 tiang} = \frac{Q_u}{SF}$$

Dimana : SF = safety factor = 3

Tabel 4. 33. Daya Dukung Tanah

Kedalaman m	Qp						Qs					Qu (ton)
	N lap	N' koreksi	Np	K t/m2	α	Qp (ton)	Ns	Ns'	As (Luas selimut)	β	Qs (ton)	
0	0	0	0.00	25	1.0	0.00	3	3.00	0.00	1.0	0.00	0.00
0.5	0	0	1.60	25	1.0	0.00	3	3.00	0.00	1.0	0.00	0.00
1	0	0	2.67	25	1.0	0.00	3	3.00	0.00	1.0	0.00	0.00
1.5	0	0	3.43	25	1.0	0.00	3	3.00	0.00	1.0	0.00	0.00
2	8	8	4.57	40	1.0	0.00	8	4.00	0.00	1.0	0.00	0.00
2.5	8	8	6.14	40	1.0	0.00	8	4.67	0.00	1.0	0.00	0.00
3	8	8	7.71	40	1.0	0.00	8	5.14	0.00	1.0	0.00	0.00
3.5	8	8	9.29	40	1.0	105.02	8	5.50	6.60	1.0	18.69	41.24
4	11	11	9.71	40	1.0	109.87	11	6.11	7.54	1.0	22.90	44.25
4.5	11	11	10.43	40	1.0	117.94	11	6.60	8.48	1.0	27.14	48.36
5	11	11	11.14	40	1.0	126.02	11	7.00	9.42	1.0	31.42	52.48
5.5	11	11	11.86	40	1.0	134.10	11	7.33	10.37	1.0	35.71	56.60
6	13	13	12.14	40	1.0	137.33	13	7.77	11.31	1.0	40.60	59.31
6.5	13	13	13.07	40	1.0	147.83	13	8.14	12.25	1.0	45.51	64.45
7	13	13	14.00	40	1.0	158.34	13	8.47	13.19	1.0	50.43	69.59
7.5	13	13	14.93	40	1.0	168.84	13	8.75	14.14	1.0	55.37	74.74
8	20	17.5	15.57	40	1.0	176.11	17.5	9.26	15.08	1.0	61.65	79.25
8.5	20	17.5	16.50	40	1.0	186.61	17.5	9.72	16.02	1.0	67.95	84.85
9	20	17.5	17.43	40	1.0	197.11	17.5	10.13	16.96	1.0	74.26	90.46
9.5	20	17.5	18.36	40	1.0	207.61	17.5	10.50	17.91	1.0	80.58	96.07
10	24	19.5	18.64	40	1.0	210.85	19.5	10.93	18.85	1.0	87.52	99.45
10.5	24	19.5	19.71	40	1.0	222.96	19.5	11.32	19.79	1.0	94.46	105.81
11	24	19.5	20.79	40	1.0	235.08	19.5	11.67	20.73	1.0	101.42	112.17
11.5	24	19.5	21.86	40	1.0	247.20	19.5	12.00	21.68	1.0	108.38	118.53
12	35	25	22.64	40	1.0	256.08	25	12.52	22.62	1.0	117.02	124.37
12.5	35	25	23.86	40	1.0	269.82	25	13.00	23.56	1.0	125.66	131.83
13	35	25	25.07	40	1.0	283.55	25	13.44	24.50	1.0	134.32	139.29
13.5	35	25	26.29	40	1.0	297.28	25	13.86	25.45	1.0	142.99	146.76
14	41	28	26.71	40	1.0	302.13	28	14.34	26.39	1.0	152.57	151.57
14.5	41	28	26.07	40	1.0	294.86	28	14.80	27.33	1.0	162.17	152.34
15	41	28	25.43	40	1.0	287.59	28	15.23	28.27	1.0	171.77	153.12
15.5	41	28	24.79	40	1.0	280.32	28	15.63	29.22	1.0	181.39	153.90
16	26	20.5	23.71	40	1.0	268.20	20.5	15.77	30.16	1.0	188.72	152.31
16.5	26	20.5	22.79	40	1.0	257.70	20.5	15.91	31.10	1.0	196.06	151.25
17	26	20.5	21.86	40	1.0	247.20	20.5	16.04	32.04	1.0	203.40	150.20
17.5	26	20.5	20.93	40	1.0	236.70	20.5	16.17	32.99	1.0	210.75	149.15
18	28	21.5	21.07	40	1.0	238.31	21.5	16.31	33.93	1.0	218.40	152.24
18.5	28	21.5	21.14	40	1.0	239.12	21.5	16.45	34.87	1.0	226.05	155.06
19	28	21.5	21.21	40	1.0	239.93	21.5	16.58	35.81	1.0	233.71	157.88
19.5	28	21.5	21.29	40	1.0	240.74	21.5	16.70	36.76	1.0	241.37	160.70
20	27	21	21.21	40	1.0	239.93	21	16.80	37.70	1.0	248.88	162.93

20.5	27	21	21.79	40	1.0	246.39	21	16.90	38.64	1.0	256.38	167.59
21	27	21	22.36	40	1.0	252.85	21	17.00	39.58	1.0	263.89	172.25
21.5	27	21	22.93	40	1.0	259.32	21	17.09	40.53	1.0	271.41	176.91
22	36	25.5	23.57	40	1.0	266.59	25.5	17.28	41.47	1.0	280.30	182.30
22.5	36	25.5	23.36	40	1.0	264.16	25.5	17.46	42.41	1.0	289.20	184.45
23	36	25.5	23.14	40	1.0	261.74	25.5	17.63	43.35	1.0	298.10	186.61
23.5	36	25.5	22.93	40	1.0	259.32	25.5	17.79	44.30	1.0	307.00	188.77
24	24	19.5	22.07	40	1.0	249.62	19.5	17.83	45.24	1.0	314.06	187.89
24.5	24	19.5	21.07	40	1.0	238.31	19.5	17.86	46.18	1.0	321.11	186.48
25	24	19.5	20.07	40	1.0	227.00	19.5	17.89	47.12	1.0	328.17	185.06
25.5	24	19.5	19.07	40	1.0	215.69	19.5	17.92	48.07	1.0	335.23	183.64
26	22	18.5	19.00	40	1.0	214.88	18.5	17.93	49.01	1.0	341.98	185.62
26.5	22	18.5	18.90	40	1.0	213.75	18.5	17.94	49.95	1.0	348.73	187.50
27	22	18.5	18.75	40	1.0	212.06	18.5	17.95	50.89	1.0	355.49	189.18
27.5	22	18.5	18.50	40	1.0	209.23	18.5	18.24	51.84	1.0	366.94	192.06
28	35	25	20.13	40	1.0	227.61	25	18.64	52.78	1.0	380.65	202.75
28.5	35	25	21.75	40	1.0	245.99	25	19.04	53.72	1.0	394.61	213.53
29	35	25	23.38	40	1.0	264.37	25	19.44	54.66	1.0	408.82	224.39
29.5	35	25	25.00	40	1.0	282.74	25	19.75	55.61	1.0	421.60	234.78
30	27	21	24.00	40	1.0	271.43	21	19.98	56.55	1.0	433.20	234.88

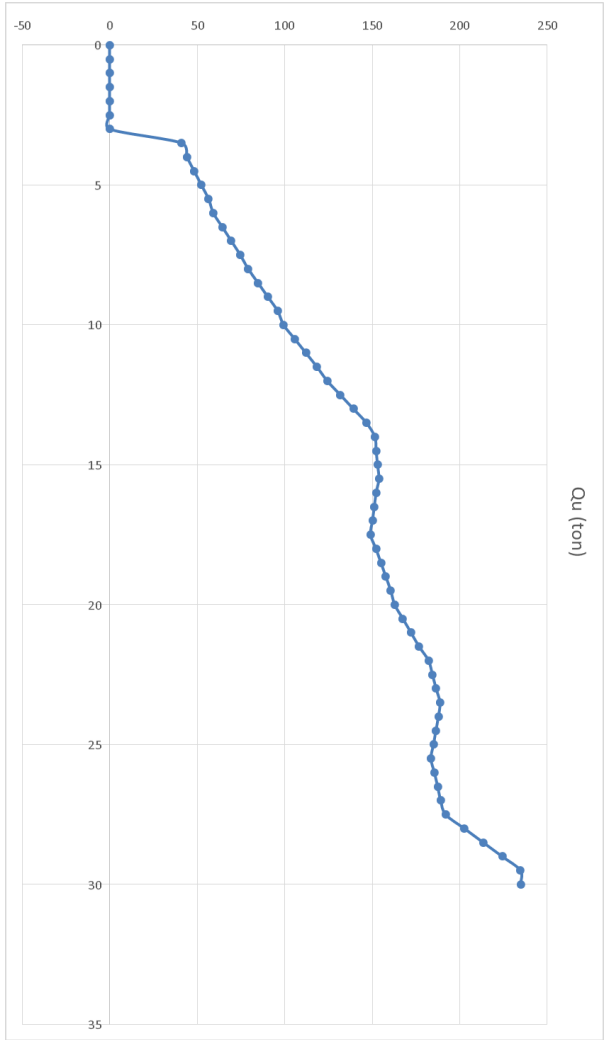
Sehingga diambil kedalaman tiang pancang sebagai berikut :

Beban ijin aksial 1 tiang = 229,5 ton

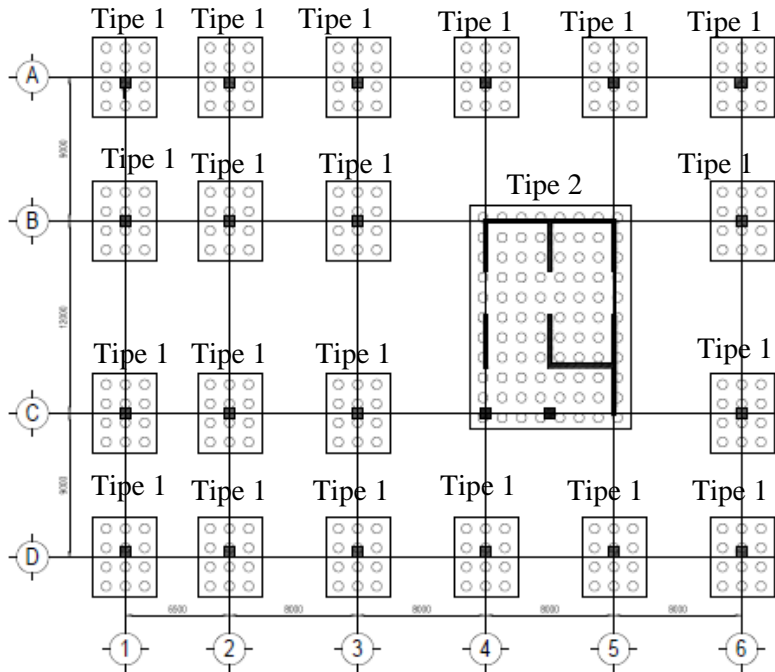
Beban ijin aksial 1 tiang dibagi SF=2 = 114,75 ton

Pada kedalaman 11m daya dukung tanah = 112,7 ton

Maka panjang tiang yang digunakan (dikurangi tinggi basement)=
8 m



Gambar 4. 68. Grafik Daya Dukung Tanah



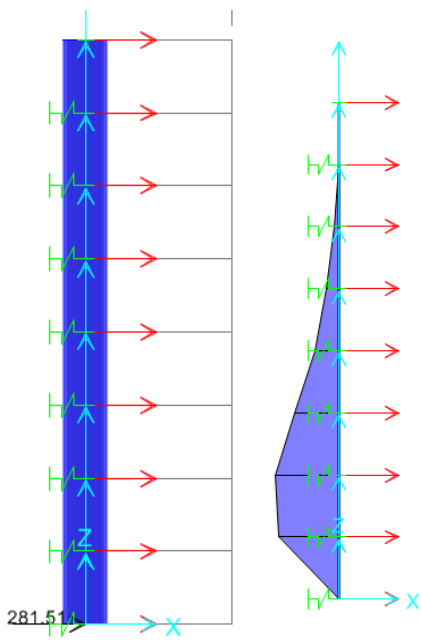
Gambar 4. 69. Denah Pondasi

4.7.5.2 Kontrol Momen Terhadap Gempa dan Spring tanah pada *Spun Pile*

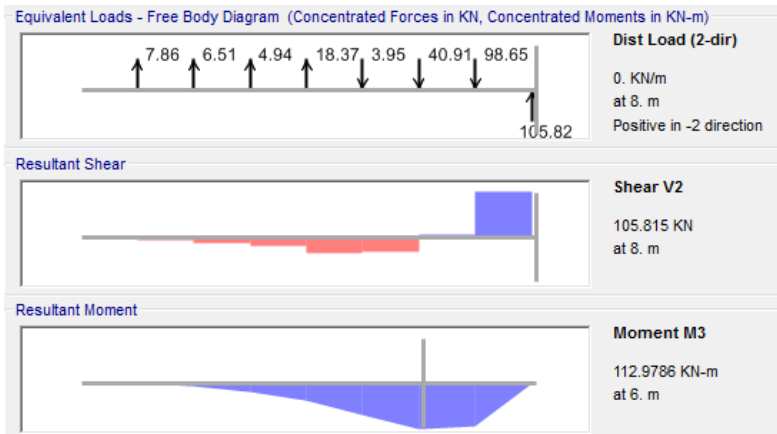
Dengan memasukkan gaya gempa menggunakan program bantu SAP 2000 dan tabel korelasi nilai K_s tanah untuk koefisien spring sesuai dengan data tanah yang dimiliki berdasarkan (Bowless, 1996) seperti pada Tabel 4.33, didapatkan momen seperti dibawah ini :

Tabel 4. 34. Korelasi Nilai Ks terhadap Jenis Tanah

Soil	K_s (kN/m ³)	K_s (t/m ³)
Sandy Soil		
Loose sand	4800 - 16000	480 - 1600
Medium dense sand	9600 - 80000	960 - 8000
Dense Sand	32000 - 128000	6400 - 12800
Clayey medium dense sand		
Clayey medium dense sand	32000 - 80000	3200 - 8000
Silty medium dense sand	24000 - 48000	2400 - 4800
Clayey Soil		
$q_s < 200$ kPa	12000 - 24000	1200 - 2400
$200 < q_s < 800$ kPa	24000 - 48000	2400 - 4800
$q_s > 800$ kPa	> 48000	> 4800



Gambar 4. 70. Diagram Momen *Spunpile* Akibat Gaya Gempa



Gambar 4. 71. Diagram Momen Spunpile Maksimum

Berdasarkan diagram diatas didapatkan nilai momen maksimum pada spun pile akibat gaya gempa sebesar 10,9752 t.m.

$$\text{Bending Moment Crack Spun Pile} / (\text{SF}=2) > M_{\text{max}} \\ 14.5 \text{ t.m} > 11.298 \text{ t.m t.m (OK).}$$

4.7.5.3 Pengaturan Jarak Antar Tiang Pancang

Untuk mengetahui jumlah tiang pancang yang dibutuhkan dalam satu kolom adalah dengan membagi beban aksial dan daya dukung ijin satu tiang.

Terdapat beberapa tipe susunan tiang pancang berdasarkan satu berat kolom yang dipikulnya. Jumlah tiang pancang direncanakan jarak nya sesuai dengan yang diijinkan. Tebal poer yang direncanakan pada tiang pancang group sebesar 1.1 meter.

- Jarak antar tiang :

$$2 D \leq S \leq 2,5 D$$

$$2 \times 60 \leq S \leq 2,5 \times 60$$

$$120 \text{ cm} \leq S \leq 150 \text{ cm}$$
 Digunakan jarak antar tiang = 150 cm.

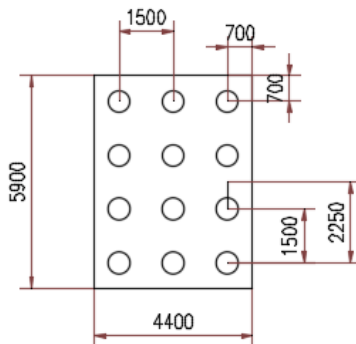
- Jarak tepi tiang pancang :
 $1 D \leq S1 \leq 1,5 D$
 $1 \times 60 \leq S1 \leq 1,5 \times 60$
 $60 \text{ cm} \leq S1 \leq 90 \text{ cm}$
 Digunakan jarak tiang ke tepi = 70 cm.

4.7.5.4 Kontrol Beban Maksimum 1 Tiang Pancang

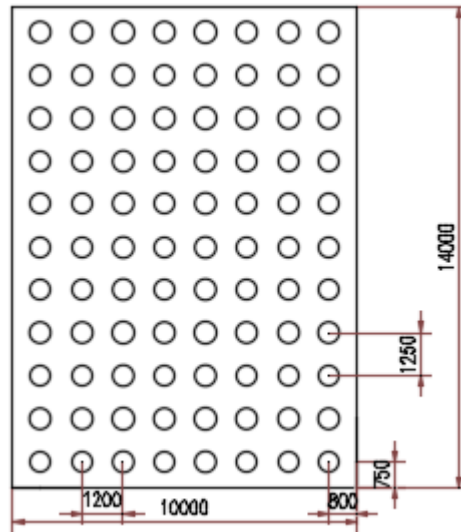
Beban maksimum yang bekerja pada satu tiang dalam tiang kelompok dihitung berdasarkan gaya aksial dan momen yang bekerja pada tiang. Momen pada tiang dapat menyebabkan gaya tekan atau tarik pada tiang, namun yang diperhitungkan hanya gaya tekan karena gaya tarik dianggap lebih kecil dari beban gravitasi struktur, sehingga berlaku persamaan:

$$P_{max} = \frac{P}{n} + \frac{M_y \cdot X_{max}}{\Sigma X^2} + \frac{M_x \cdot Y_{max}}{\Sigma Y^2} \leq P_{ijin \text{ tanah}} (1 \text{ tiang})$$

Kontrol ini dilakukan pada tiap jenis susunan tiang pancang. Sebelumnya terlebih dahulu ditentukan jumlah tiang pancang dalam group dengan cara coba-coba dan sesuai dengan besar pile cap. Untuk beberapa contoh perhitungan dilakukan perhitungan dengan menggunakan group tiang pancang Tipe 1 dengan kombinasi beban 1D + 1L.



Gambar 4. 72. Tiang Grup Tipe 1



Gambar 4. 73. Tiang Grup Tipe 2

$$P = 1147.01 \text{ ton}$$

$$N = 12 \text{ tiang}$$

$$M_x = M_x + (H_y \times t_{\text{poer}}) = 10.06 + (10.27 \times 1.1) = 21.36 \text{ t.m}$$

$$M_y = M_y + (H_x \times t_{\text{poer}}) = 5.73 + (7.37 \times 1.1) = 13.84 \text{ t.m}$$

$$X_{\text{max}} = 1.5 \text{ m}$$

$$Y_{\text{max}} = 2.25 \text{ m}$$

$$P_{\text{max}} = \frac{1147.01}{12} + \frac{21.36 \times 1.5}{4.5} + \frac{13.84 \times 2.25}{10.85} \leq 112,17 \text{ t}$$

$$104.63 \text{ t} \leq 112,17 \text{ t (1 tiang) (OK)}$$

Tabel 4. 35. Kontrol Beban Maksimum Tiang Pancang Tipe 1

Tipe	Kombinasi	Kebutuhan tiang (buah)	P/n (ton)	Xmax	Ymax	My . Xmax	Σx^2	Mx . Ymax	Σy^2	P max (ton)	P ijin tanah (ton)	P max <Pijin
1	D+L	12	95.58	1.5	2.25	20.76	4.5	48.06	10.85	104.63	112.17	OK
1	D+0,7Ey	12	77.73	1.5	2.25	58.92	4.5	124.2	10.85	102.27	112.17	OK
1	D+0,7Ex	12	78.17	1.5	2.25	58.17	4.5	110.5	10.85	101.29	112.17	OK
1	D+0,75L+0,525 Ey	12	91.51	1.5	2.25	49.29	4.5	105.9	10.85	112.03	112.17	OK
1	D+0,75L+0,525 Ex	12	91.85	1.5	2.25	48.69	4.5	93.43	10.85	111.28	112.17	OK
1	D+0,75L	12	90.92	1.5	2.25	19.47	4.5	45.32	10.85	99.43	112.17	OK
1	D	12	76.95	1.5	2.25	15.6	4.5	37.13	10.85	83.835	112.17	OK
1	0,6D+0,7Ey	12	46.95	1.5	2.25	55.43	4.5	113.4	10.85	69.721	112.17	OK
1	0,6D+0,7Ex	12	47.4	1.5	2.25	55.11	4.5	102.2	10.85	69.063	112.17	OK

Tabel 4. 36. Kontrol Beban Maksimum 1 Tiang Pancang Tipe 2

Tipe	Kombinasi	Kebutuhan tiang (buah)	P/n (ton)	Xmax	Ymax	My . Xmax	Σx^2	Mx . Ymax	Σy^2	P max (ton)	P ijin tanah (ton)	P max <Pijin
2	D+L	88	57.36	4.2	6.25	45.99	60.5	7.932	171.9	58.171	112.17	OK
2	D+0,7Ey	88	67	4.2	6.25	55.9	60.5	12.82	171.9	68	112.17	OK
2	D+0,7Ex	88	59.38	4.2	6.25	1296	60.5	1473	171.9	89.382	112.17	OK
2	D+0,75L+0,525 Ey	88	59.99	4.2	6.25	826.3	60.5	2004	171.9	85.309	112.17	OK
2	D+0,75L+0,525 Ex	88	64.59	4.2	6.25	53.42	60.5	11.6	171.9	65.543	112.17	OK
2	D+0,75L	88	83.31	4.2	6.25	947.7	60.5	1099	171.9	105.38	112.17	OK
2	D	88	83.77	4.2	6.25	595.4	60.5	1497	171.9	102.32	112.17	OK
2	0,6D+0,7Ey	88	82.33	4.2	6.25	1281	60.5	1472	171.9	112.07	112.17	OK
2	0,6D+0,7Ex	88	82.93	4.2	6.25	811.4	60.5	2003	171.9	108	112.17	OK

4.7.5.5 Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok

Perhitungan daya dukung tiang pancang kelompok untuk daya dukung pondasi kelompok harus dikoreksi terlebih dahulu dengan koefisien efisiensi (η) menurut Seiler-Keeney Formula.

$$\eta = \left(1 - \frac{36 \times S}{(75 \times S^2 - 7)} \times \left(\frac{m+n-2}{m+n-1} \right) \right) + \frac{0,3}{m+n}$$

Dimana :

D = diameter tiang pancang

S = jarak antar tiang pancang

m = jumlah baris tiang pancang dalam group

n = jumlah kolom tiang pancang dalam group

$$Q_L (\text{group}) = Q_L (1 \text{ tiang}) \times n \times \eta$$

Dimana Q_L (group) harus lebih besar dari P yang terjadi.

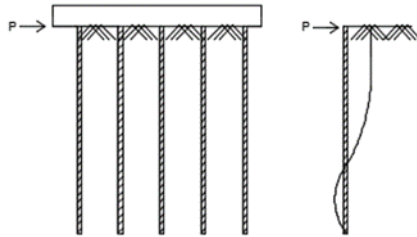
Tabel 4. 37. Perhitungan Jumlah Tiang Pancang Grup Tipe 1

Tipe	Kombinasi	P ijin tanah (ton)	Jumlah tiang	m (kolom)	n (baris)	S (m)	η	Ql (ton)	P ijin tiang (ton)	Ql (group) > P ijin
1	D+L	112.17	12	3	4	1500	1.06	1430.61	1255.5	OK
1	D+0,7Ey	112.17	12	3	4	1500	1.06	1430.61	1227.3	OK
1	D+0,7Ex	112.17	12	3	4	1500	1.06	1430.61	1215.5	OK
1	D+0,75L+0,525 Ey	112.17	12	3	4	1500	1.06	1430.61	1344.4	OK
1	D+0,75L+0,525 Ex	112.17	12	3	4	1500	1.06	1430.61	1335.4	OK
1	D+0,75L	112.17	12	3	4	1500	1.06	1430.61	1193.2	OK
1	D	112.17	12	3	4	1500	1.06	1430.61	1006	OK
1	0,6D+0,7Ey	112.17	12	3	4	1500	1.06	1430.61	836.66	OK
1	0,6D+0,7Ex	112.17	12	3	4	1500	1.06	1430.61	828.76	OK

Tabel 4. 38. Perhitungan Jumlah Tiang Pancang Grup Tipe 2

Tipe	Kombinasi	P ijin tanah (ton)	Jumlah tiang	m (kolom)	n (baris)	S (m)	η	Ql (ton)	P ijin tiang (ton)	Ql (group) > P ijin
2	D+L	112.17	88	11	8	1200	1.04	10306.2	5119	OK
2	D+0,7Ey	112.17	88	11	8	1200	1.04	10306.2	5984	OK
2	D+0,7Ex	112.17	88	11	8	1200	1.04	10306.2	7865.6	OK
2	D+0,75L+0,525 Ey	112.17	88	11	8	1200	1.04	10306.2	7507.2	OK
2	D+0,75L+0,525 Ex	112.17	88	11	8	1200	1.04	10306.2	5767.7	OK
2	D+0,75L	112.17	88	11	8	1200	1.04	10306.2	9273.3	OK
2	D	112.17	88	11	8	1200	1.04	10306.2	9004.5	OK
2	0,6D+0,7Ey	112.17	88	11	8	1200	1.04	10306.2	9862.3	OK
2	0,6D+0,7Ex	112.17	88	11	8	1200	1.04	10306.2	9503.9	OK

4.7.5.6 Kontrol Kekuatan Tiang Terhadap Gaya Lateral



Gambar 4. 74. Defleksi akibat Gaya Lateral Tiang

Gaya lateral yang bekerja pada tiang dapat menyebabkan terjadinya defleksi dan momen. Oleh karena itu harus dilakukan kontrol terhadap defleksi yang terjadi pada tiang.

Kontrol defleksi tiang :

$$\delta = Fd \left(\frac{PT^3}{EI} \right) \leq 2.5 \text{ cm}$$

δ = defleksi yang terjadi

Fd = koefisien defleksi

P = Gaya lateral 1 tiang

T = *Relative stiffnes Factor*

Tipe 1

Jumlah tiang = 12

H_{\max} = 10.267 t

H_{\max} 1 tiang = 0.856 t

$C_u = 0.53 \text{ kg/cm}^2$

$$Q_u = 2 \times C_u = 2 \times \frac{0.53}{0.977} = 1,085 \frac{\text{t}}{\text{ft}^3}$$

Dari grafik *Immediate Settlement of Isolate Footing* maka didapatkan $f = 10 \text{ t/ft}^3 = 0,32 \text{ kg/cm}^3$

$$T = \left(\frac{EI}{f} \right)^{\frac{1}{5}}$$

$$E = 4700\sqrt{fc} = 338921,82 \text{ kg/cm}^2$$

$$I = \frac{1}{64} \times \frac{22}{7} \times (600 - 400)^4 = 7857,143 \text{ cm}^4$$

$$T = \left(\frac{EI}{f}\right)^{\frac{1}{5}} = \left(\frac{338921,82 \times 7857,143}{0.32}\right)^{\frac{1}{5}} = 96,4 \text{ cm}$$

Fd(deflection coefficient)

L = 8 m = 800 cm (kedalaman tiang pancang)

T = 96,4 cm

L/T = 8,3

Dari grafik *Influence Value for Laterally Loaded Pile* maka didapatkan Fd = 0.89

$$\delta = Fd \left(\frac{PT^3}{EI} \right) \leq 2.5 \text{ cm}$$

$$\delta = 0.89 \left(\frac{0.856 \times 96,4^3}{338921,82 \times 7857,143} \right) \leq 2,5 \text{ cm}$$

$$\delta = 0.2561 \text{ cm} \leq 2,5 \text{ cm (OK)}$$

Kontrol Momen :

M_{crack} = 14,5 tm (tabel spesifikasi tiang pancang / (SF=2))

L/T = 8,3

Dari grafik *Influence Value for Laterally Loaded Pile* maka didapatkan Fm = 0.88

$$M = Fm(PT) \leq M_{banding \text{ crack}}$$

$$M = 0.88 \times (0.856 \times 96,4) \leq 14,5 \text{ tm}$$

$$M = 0,467 \text{ tm} \leq 14,5 \text{ tm (OK)}$$

Tabel 4. 39. Kontrol Kekuatan Tiang Tipe 1 Akibat Gaya Lateral

Tipe	Jumlah tiang	Kombinasi	H max (ton)	δ (cm)	$\delta < 2.5$ cm	Mmax (t.m)	Mcrack (t.m) / (SF=2)	Mmax < Mcrack
1	12	D+L	0.856	0.2561	OK	0.7258	14.5	OK
1	12	D+0,7Ey	1.117	0.3343	OK	0.9473	14.5	OK
1	12	D+0,7Ex	0.952	0.285	OK	0.8076	14.5	OK
1	12	D+0,75L+0,525 Ey	1.15	0.3442	OK	0.9755	14.5	OK
1	12	D+0,75L+0,525 Ex	0.952	0.285	OK	0.8077	14.5	OK
1	12	D+0,75L	0.806	0.2414	OK	0.684	14.5	OK
1	12	D	0.659	0.1972	OK	0.5587	14.5	OK
1	12	0,6D+0,7Ey	0.853	0.2554	OK	0.7238	14.5	OK
1	12	0,6D+0,7Ex	0.772	0.231	OK	0.6547	14.5	OK

Tabel 4. 40. Kontrol Kekuatan Tiang Tipe 2 Akibat Gaya Lateral

Tipe	Jumlah tiang	Kombinasi	H max (ton)	δ (cm)	$\delta < 2.5$ cm	Mmax (t.m)	Mcrack (t.m) / (SF=2)	Mmax < Mcrack
2	88	D+L	0.103	0.0307	OK	0.0871	14.5	OK
2	88	D+0,7Ey	0.121	0.0362	OK	0.1026	14.5	OK
2	88	D+0,7Ex	2.602	0.779	OK	2.2076	14.5	OK
2	88	D+0,75L+0,525 Ey	2.909	0.8708	OK	2.4677	14.5	OK
2	88	D+0,75L+0,525 Ex	0.116	0.0348	OK	0.0987	14.5	OK
2	88	D+0,75L	1.882	0.5633	OK	1.5962	14.5	OK
2	88	D	2.171	0.6497	OK	1.8411	14.5	OK
2	88	0,6D+0,7Ey	2.561	0.7667	OK	2.1727	14.5	OK
2	88	0,6D+0,7Ex	2.905	0.8697	OK	2.4645	14.5	OK

4.7.6 Perencanaan Poer pada Kolom

Poer direncanakan terhadap gaya geser ponds pada penampang kritis dan penulangan akibat momen lentur.

Data-data perancangan poer

- P_u = 1465.871 ton
- P_{max} (1 tiang) = 112.03 ton
- Jumlah tiang pancang = 12 buah
- Dimensi poer = 4.4 x 5.9 x 1.1 m

- Mutu beton (f_c') = 40 MPa
 - Mutu baja (f_y) = 420 MPa
 - Diameter tulangan = 29 mm
 - Selimut beton = 60 mm
 - λ = 1 (beton normal)
 - α_s = 20 (kolom sudut)
 - Tinggi efektif (d)
- $$d_x = 1100 - 60 - \frac{1}{2} 29 = 1025.5 \text{ mm}$$
- $$d_y = 1100 - 60 - \frac{1}{2} 29 - 29 = 996.5 \text{ mm}$$

4.7.6.1 Kontrol Geser Pons

1. Akibat Kolom

Poer harus mampu menyebarkan beban dari kolom ke pondasi, sehingga perlu dilakukan kontrol kekuatan geser pons untuk memastikan bahwa kekuatan geser nominal beton harus lebih besar dari geser pons yang terjadi. Perencanaan geser pons pada poer tersebut berdasarkan ketentuan SNI 2847-2013 Pasal 11.11.2.1.

Untuk pondasi tapak non- prategang (V_c) ditentukan berdasarkan SNI 2847:2012 pasal 11.11.2.1 nilai yang terkecil dari persamaan berikut:

$$V_{c1} = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'_c} \times b_o \times d$$

$$V_{c2} = 0,083 \times \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'_c} \times b_o \times d$$

$$V_{c3} = 0,333 \lambda \sqrt{f'_c} \times b_o \times d$$

dimana :

α_s = 20 untuk kolom sudut, 30 untuk kolom tepi, 40 untuk kolom interior

β = rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek
 $= 5900/4400 = 1.34$

b_o = Keliling penampang kritis

$$\begin{aligned}
 &= 2 (b_{\text{kolom}} + d) + 2(h_{\text{kolom}} + d) \\
 &= 2 (1100 + 1025.5) + 2 (1100 + 1025.5) \\
 &= 8502 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{c1} &= 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\
 &= 0,17 \left(1 + \frac{2}{1,34}\right) 1. \sqrt{40} \times 8502 \times 1025.5 \\
 &= 23356136.54 \text{ N} \\
 V_{c2} &= 0,083 \times \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2\right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\
 &= 0,083 \times \left(\frac{20 \cdot 1025.5}{8502} + 2\right) 1. \sqrt{40} \times 8502 \times 1025.5 \\
 &= 20194687.02 \text{ N} \\
 V_{c3} &= 0,333 \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\
 &= 0,333 \cdot 1. \sqrt{40} \times 8502 \times 1025.5 \\
 &= 18362465.57 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Dari ketiga nilai V_c diatas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah $18362465.57 \text{ N} = 1836246.56 \text{ Kg}$

$$\begin{aligned}
 \phi V_c &= 0,75 \times 1836246.56 = 1377184.92 \text{ kg} \\
 &= 1377.185 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi V_c &= 1377.185 \text{ ton} > P_u - P_{\text{pile}} \\
 \phi V_c &= 1377.185 \text{ ton} > 1465.871 - (112.03 \times 2) \\
 &= 1377.185 \text{ ton} > 1241.81 \text{ ton} \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser pons akibat kolom.

2. Akibat Pancang

$$\begin{aligned}
 \beta &= \text{rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek} \\
 &= 5900/4400 = 1.34 \\
 b_o &= (0,25 \times \pi \times (600 + 1025.5)) \\
 &= 1277.18 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{c1} &= 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\
 &= 0,17 \left(1 + \frac{2}{1,34}\right) 1. \sqrt{40} \times 8502 \times 1025,5 \\
 &= 3508581,169 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{c2} &= 0,083 \times \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2\right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\
 &= 0,083 \times \left(\frac{20 \cdot 1025,5}{1277,18} + 2\right) 1. \sqrt{40} \times 1277,18 \times 1025,5 \\
 &= 12416097,29 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{c3} &= 0,333 \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\
 &= 0,333 \cdot 1 \cdot \sqrt{40} \times 1277,18 \times 1025,5 \\
 &= 2758427,14 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Dari ketiga nilai V_c diatas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah $2758427,14 \text{ N} = 275842,714 \text{ kg}$

$$\begin{aligned}
 \phi V_c &= 0,75 \times 275842,714 = 206882,0355 \text{ Kg} \\
 &= 206,88 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

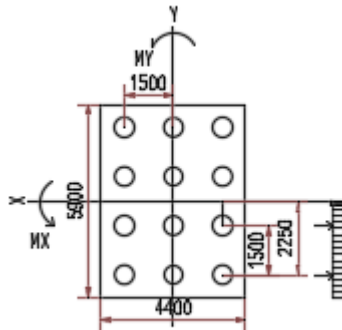
$$\begin{aligned}
 \phi V_c &= 206,88 \text{ ton} > P_{\text{mak}} \\
 &= 206,88 \text{ ton} > 112,03 \text{ ton (OK)}
 \end{aligned}$$

Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser pons akibat pancang.

4.7.6.2 Penulangan Poer

Untuk penulangan lentur, poer dianalisa sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom. Sedangkan beban yang bekerja adalah beban terpusat di tiang kolom yang menyebabkan reaksi pada tanah dan berat sendiri poer. Perhitungan gaya dalam pada poer didapat dengan teori mekanika statis tertentu.

1. Penulangan Tarik Arah X



Gambar 4. 75. Pembebanan Poer Tipe 1 (Arah Sumbu X)

$$\begin{aligned}
 P_{\max} &= 112.03 \text{ ton} \\
 P &= 3 \times 112.03 = 336.1 \text{ ton} \\
 q &= 4.4 \times 2.4 \times 1.1 = 11.62 \text{ ton/m} \\
 q_u &= 11.62 \text{ ton/m} \times 1.2 = 13.94 \text{ ton/m}
 \end{aligned}$$

Momen yang bekerja :

$$\begin{aligned}
 M_u &= P (a_1 + a_2) - \frac{1}{2} q_u x. L^2 \\
 &= (336.1 \times (0.75 + 2.25)) - (\frac{1}{2} \times 13.94 \times (2.95)^2) \\
 &= 947.61 \text{ t.m} \\
 &= 9476136505 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

$$d_x = 1100 - 60 - \frac{1}{2} 29 = 1025.5 \text{ mm}$$

$$d_y = 1100 - 60 - \frac{1}{2} 29 - 29 = 996.5 \text{ mm}$$

- Mencari ρ_{\min}

$$\rho_{\min} = \frac{0.25 \times \sqrt{f_c}}{f_y} = \frac{0.25 \times \sqrt{40}}{420} = 0.003765$$

tidak lebih kecil dari

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{420} = 0.003333$$

digunakan $\rho_{\min} = 0.003765$

- Menentukan Harga m

$$m = \frac{fy}{0,85.f'c} = \frac{420}{0,85.40} = 12,353$$

$$Rn = \frac{Mn}{bd^2} = \frac{9476136505}{5900 \times 1025,5^2} = 1.53$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m.Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{12,353} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,353 \times 1,53}{420}} \right) = 0.003722 \end{aligned}$$

$$\rho < \rho_{\min} \rightarrow \rho = \rho_{\min} = 0,003765$$

- Tulangan tarik yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d_x \\ &= 0,003765 \times 1000 \times 1025,5 = 3860,61 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan Tulangan D29 ($A_s = 660,7857 \text{ mm}^2$)

$$\text{Jumlah tulangan Perlu} = \frac{3860,61}{660,7857} = 6 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan terpasang} = \frac{1000}{6} = 166,67 \text{ mm} \approx 150 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan lentur atas D29–150 mm

$$\begin{aligned} A_s &= \left(\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \right) \frac{1000}{150} \\ &= 4405,24 \text{ mm}^2 > 3860,61 \text{ mm}^2 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

2. Penulangan Tekan Arah X

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{1}{2} \cdot A_s \text{ Tarik} \\ &= \frac{1}{2} \cdot 3860,61 = 1930,305 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

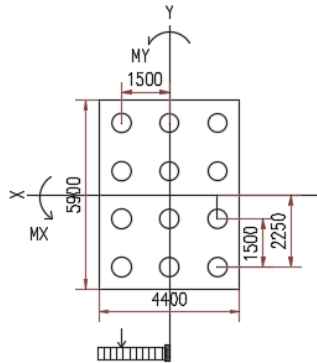
Digunakan Tulangan D22 ($A_s = 380,13 \text{ mm}^2$)

$$\text{Jumlah tulangan Perlu} = \frac{1930,305}{380,13} = 5 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan terpasang} = \frac{1000}{5} = 200 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan lentur atas D22–200 mm

3. Penulangan Tarik Arah Y



Gambar 4. 76. Pembebanan Poer Tipe 1 (Arah Sumbu Y)

$$\begin{aligned}
 P_{\max} &= 112.03 \text{ ton} \\
 P &= 4 \times 112.03 = 448.12 \text{ ton} \\
 q &= 5.9 \times 2.4 \times 1.1 = 15.576 \text{ ton/m} \\
 q_u &= 15.576 \text{ ton/m} \times 1.2 = 18.7 \text{ ton/m}
 \end{aligned}$$

Momen yang bekerja :

$$\begin{aligned}
 M_u &= P \cdot a - \frac{1}{2} q_u x \cdot L^2 \\
 &= (448.12 \times 1.5) - (\frac{1}{2} \times 18.7 \times (2.2)^2) \\
 &= 492.51 \text{ t.m} \\
 &= 4925094797 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

$$d_x = 1100 - 60 - \frac{1}{2} 29 = 1025.5 \text{ mm}$$

$$d_y = 1100 - 60 - \frac{1}{2} 29 - 29 = 996.5 \text{ mm}$$

- Mencari ρ_{\min}

$$\rho_{\min} = \frac{0.25 \times \sqrt{f'_c}}{f_y} = \frac{0.25 \times \sqrt{40}}{420} = 0.003765$$

tidak lebih kecil dari

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{420} = 0.0033333$$

digunakan $\rho_{\min} = 0.003765$

- Menentukan Harga m

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot f'c} = \frac{420}{0,85 \cdot 40} = 12,353$$

$$Rn = \frac{Mn}{bd^2} = \frac{4358368000}{4400 \times 996,5^2} = 1.13$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot Rn}{fy}} \right)$$

$$= \frac{1}{12,353} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,353 \times 1.13}{420}} \right) = 0.0027$$

$$\rho < \rho_{\min} \rightarrow \rho = \rho_{\min} = 0,003765$$

- Tulangan tarik yang dibutuhkan :

$$As = \rho \times b \times d_y$$

$$= 0.003765 \times 1000 \times 996.5 = 3751.44 \text{ mm}^2$$

Digunakan Tulangan D29 ($As = 660,7857 \text{ mm}^2$)

$$\text{Jumlah tulangan Perlu} = \frac{3751.44}{660,7857} = 6 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan terpasang} = \frac{1000}{6} = 166,67 \text{ mm} \approx 150 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan lentur atas D29–150 mm

$$A_s = \left(\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \right) \frac{1000}{150}$$

$$= 4405,24 \text{ mm}^2 > 3751.44 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

4. Penulangan Tekan Arah Y

$$As = \frac{1}{2} \cdot As \text{ Tarik}$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 3751,44 = 1875,72 \text{ mm}^2$$

Digunakan Tulangan D22 ($As = 380,13 \text{ mm}^2$)

$$\text{Jumlah tulangan Perlu} = \frac{1875,72}{380,13} = 5 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan terpasang} = \frac{1000}{5} = 200 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan lentur atas D22–200 mm

4.7.7 Perencanaan Sloof

Struktur sloof digunakan untuk membuat penurunan secara bersamaan pada pondasi atau sebagai pengaku yang

menghubungkan antar pondasi yang satu dengan yang lainnya. Adapun beban-beban yang ditimpakan ke sloof meliputi berat sloof sendiri, beban aksial tekan atau tarik yang berasal dari 10% beban aksial kolom.

Dimensi sloof:

$$b = 300 \text{ mm}$$

$$h = 400 \text{ mm}$$

$$A_g = 120000 \text{ mm}^2$$

Mutu bahan:

$$f'_c = 40 \text{ MPa}$$

$$f_y = 420 \text{ MPa}$$

$$\text{Selimut beton} = 40 \text{ mm}$$

$$\text{Tulangan utama} = \text{D19}$$

$$\text{Tulangan Senggang} = \text{D10}$$

$$d = 400 - (40 + 10 + \frac{1}{2} 19) = 340,5 \text{ mm}$$

Penulangan sloof didasarkan atas kondisi pembebanan dimana beban yang diterima adalah beban aksial dan lentur sehingga penulangannya diasumsikan seperti penulangan pada kolom. Adapun beban sloof adalah

Berat sendiri sloof

$$q_u = 1,4 \times 0,3 \times 0,4 \times 2400 = 403,2 \text{ kg/m}$$

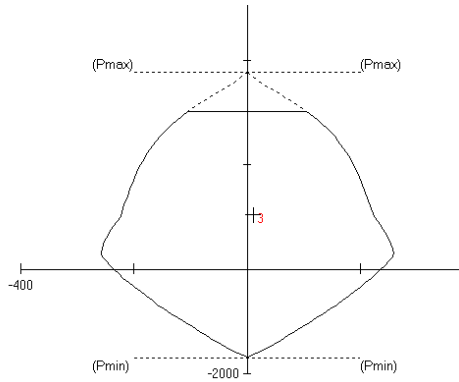
$$\text{Panjang sloof} = 4,8 \text{ m}$$

$$M_{u \text{ tump}} = \frac{1}{8} q_u L^2 = \frac{1}{8} \times 403,2 \times 12^2 \text{ kgm}$$

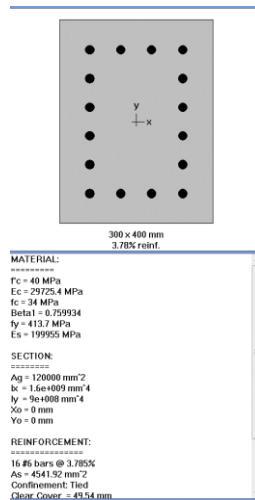
Lalu menggunakan program SPCol dengan memasukkan beban:

$$P = 10\% P_u = 10\% \times 8221,98 \text{ kN} = 822,2 \text{ kN}$$

$$M = 72,576 \text{ kNm}$$



Gambar 4.44 Diagram Interaksi P-M



Gambar 4.45 Spesifikasi Penulangan Sloof

- Penulangan Geser Sloof

$$V_u = \frac{1}{2} q_u \times L = \frac{1}{2} \times 403,2 \times 12 = 2419.2 \text{ kg}$$

$$= 24192 \text{ N}$$

$$d' = 400 - 40 - 10 - 19/2 = 340,5$$

$$V_c = \frac{bw \times d \times \sqrt{f_c'}}{6} = \frac{300 \times 340,5 \times \sqrt{40}}{60} = 107675,55 \text{ N}$$

$\phi V_c > V_u$ (tulangan geser tidak diperlukan)

Jadi dipasang tulangan geser min

Smaks = d/2 atau 300 mm

$$d/2 = 340,5/2 = 170,25 \text{ mm}$$

$$A_v \text{ min} = \frac{bw \times s}{3 f_y} = \frac{300 \times 170,25}{3 \times 420} = 40,53 \text{ mm}^2$$

Dipasang Senggang 2D10-150 mm

“Halaman ini sengaja dikosongkan...”

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan struktur yang telah dilakukan dalam penyusunan Tugas Akhir ini, maka disimpulkan beberapa data sebagai berikut :

1. Berdasarkan peraturan SNI 2847 : 2013, didapatkan hasil perhitungan dimensi struktur sekunder dan struktur primer dari beberapa elemen struktur berikut :

Tabel 5. 1. Dimensi Struktur Sekunder

Struktur Sekunder				
Elemen	Tipe	Kondisi	Dimensi	Satuan
Pelat	Lantai	Pracetak	9	cm
	Atap	Komposit	14	cm
Balok Anak	B1A	Pracetak Komposit	40/41 40/55	cm cm
	B2A			
	B3A			
	B4A			
Tangga	Pelat Tangga	Cast-in situ	17	cm
	Pelat Bordes		15	cm

Tabel 5. 2. Dimensi Struktur Primer

Struktur Primer				
Elemen	Tipe	Kondisi	Dimensi	Satuan
Balok Induk	B1	Pracetak	50/61	cm
		Komposit	50/75	cm
	B2	Pracetak	50/61	cm
		Komposit	50/75	cm
	B3	Pracetak	40/56	cm
		Komposit	40/70	cm

	B4	Pracetak	40/56	cm
		Komposit	40/70	cm
Kolom	Lt. basemen - 5	Pracetak	110/110	cm
	Lt. 6 – 10	Pracetak	85/85	cm
	Lt. 11 - Atap	Pracetak	60/60	cm
<i>Shearwall</i>	Tipikal	Cast-in situ	40	Cm
Pile Cap	Tipe 1	Cast-in situ	590x440x110	cm
	Tipe 2	Cast-in situ	1400x1000x110	cm
SpunPile	Tipikal	Diameter Kedalaman	60 11	cm m

- Analisa struktur gedung hotel Swiss-Belinn menggunakan program bantu ETABS 15. Perhitungan respon spectrum dibantu oleh website *puskim.pu.go.id*, dengan wilayah gempa Surabaya dan perhitungannya berdasarkan SNI 1726 : 2012.
- Perhitungan pembebanan struktur berdasarkan SNI 1727 : 2013. Gaya yang dimasukkan dalam permodelan adalah beban mati, beban hidup, dan beban gempa berdasarkan peraturan di atas.
- System sambungan pada elemen kolom pracetak menggunakan produk sambungan *coupler sleeve* dari *NMB Splice Sleeve* yaitu dengan menggunakan konsep *coupler* yang ditanam pada kolom lalu dilakukan *inject grouting* dengan produk dari *SS Mortar*. Sambungan bersifat basah dan monolit dan dalam analisisnya panjang penyaluran tidak dibutuhkan karena dengan sambungan ini antar tulangan kolom sudah dianggap menerus dan komposit. Sedangkan untuk elemen balok induk ke kolom atau balok anak ke balok

induk sambungan menggunakan produk dari *Peikko Group*, yaitu menggunakan *Modix Rebar Coupler*, setelah di sambungan maka akan di grouting dengan produk SS Mortar.

5. Semua elemen direncanakan pracetak kecuali tangga, dinding geser dan balok yang diapit oleh dinding geser untuk mempermudah pelaksanaan dilapangan.
6. Pondasi yang direncanakan sesuai dengan ketentuan perhitungan tiang pancang produk WIKA Beton dengan metode tegangan ijin dan pile cap berdasarkan metode tegangan design.
7. Hasil analisa struktur yang telah dilakukan pada Gedung Hotel Swiss-Belinn akan dituangkan pada gambar teknik dengan program bantu AutoCad pada lampiran.

5.2 Saran

Berdasarkan analisa penulis saat proses penyusunan Tugas Akhir ini, beberapa saran yang dapat disampaikan oleh penulis diantaranya adalah :

1. Dalam perencanaan menggunakan metode beton pracetak, gambaran mengenai konsep design sambungan yang akan diterapkan pada elemen pracetak sangatlah penting. Karena dengan adanya gambaran mengenai konsep desain sambungan ini, kita akan mengetahui apakah sambungan yang direncanakan dapat diterapkan atau tidak.
2. Pada saat erection dan instalasi sambungan elemen pracetak, dibutuhkan pengawasan yang baik. Saat proses erection, ketinggian pada saat pengangkatan, maupun sudut angkat harus diperhatikan, jika tidak, dikhawatirkan akan terjadi kegagalan struktur akibat gaya tak terduga pada saat proses pengangkatan.
3. Dalam pengembangan ke depannya elemen dinding geser bias dibuat pracetak jika memenuhi ketentuan dalam peraturan yang ada.

4. Diperlukan penelitian lebih lanjut terkait konsep sambungan yang digunakan oleh penulis dalam pembuatan Tugas Akhir ini, karena analisa yang digunakan hanya melalui ketentuan yang terdapat pada brosur produk sambungan. Perlu dikaji lebih lanjut mengenai beberapa aspek ketentuan yang diperhitungkan untuk sambungan tersebut.

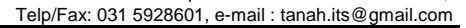
DAFTAR PUSTAKA

- ACI. *ACI 318-M14 BUILDING CODE REQUIREMENTS FOR STRUCTURAL CONCRETE*. U.S.A : American Concrete Institute.
- Badan Standardisasi Nasional. 2012. SNI 1726:2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional
- Badan Standardisasi Nasional. 2012. SNI 2847:2013 Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional
- Badan Standardisasi Nasional. 2012. SNI 03-1727-2012 Tata Cara Perhitungan Pembebanan Untuk Bangunan Gedung. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional
- Budiono, A. K. (2013) ‘PERENCANAAN GEDUNG RESEARCH CENTER-ITS SURABAYA DENGAN METODE PRACETAK’, *JURNAL TEKNIK POMITS*, 1(1), pp. 1–5.
- Bowles, J.E. (1996). *FOUNDATION ANALYSIS AND DESIGN* (5TH EDITION), New York, Mcgraw Hill
- Departemen Pekerjaan Umum. 2006. *Pedoman Teknis Rumah dan Bangunan Gedung Tahan Gempa*. Jakarta: PU
- Dewi, R. S. K. (2011) ‘KONSTRUKSI PRACETAK TAHAN GEMPA PADA RUMAH SUSUN SEWA SEDERHANA UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MALANG’, *Media Teknik Sipil*, 9.
- Ervianto, D. (2012) ‘STUDI PERBANDINGAN PELAT KONVENTIONAL, RIBSLAB DAN FLATSLAB BERDASARKAN BIAYA KONSTRUKSI’, *JURNAL TEKNIK POMITS*, 1(1), pp. 1–5.
- Ervianto, W. I. (2006) *Eksplorasi Teknologi dalam Proyek Konstruksi Beton Pracetak & Bekisting*. 1st edn. Edited by F. S. Suyantoro. Yogyakarta: C. V. ANDI OFFSET.

- Fani, F. (2012) 'Analisa Perbandingan Metode Pelaksanaan Cast in Situ Dengan Pracetak Terhadap Biaya dan Waktu', *Jurnal Teknik POMITS*, 1(1), pp. 1–6.
- Imran, I. (2014) *Perencanaan Lanjut Struktur Beton Bertulang*. Edited by T. Sarah. Bandung: Penerbit ITB.
- Jose, V. and Kumar, P. R. (2014) 'Hollow Core Slabs in Construction Industry', *iINTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATIVE RESEARCH IN SCIENCE, ENGINEERING, AND TECHNOLOGY*, 3(5), pp. 414–420.
- Nimse, R. B., Joshi, D. D. and Patel, P. V. (2014) 'Behavior of wet precast beam column connections under progressive collapse scenario: an experimental study', *International Journal of Advanced Structural Engineering*, 6(4), pp. 149–159. doi: 10.1007/s40091-014-0072-3.
- Noorhidana, V. A. (2009) 'SAMBUNGAN BASAH (WET-JOINT) TERHADAP BEBAN ULTIMIT Abstrak', *Jurnal Rekayasa*, 13(1).
- PCI. PCI Design Handbook Precast and Prestressed Concrete 5th Edition. Chicago : PCI Industry Handbook Committee.
- Peikko Group. 2015. HPKM Column Shoe Technical Manual. Lahti, Finland
- Sianturi, N. M. (2012) 'TINJAUAN PENGGUNAAN BALOK PRACETAK PADA PEMBANGUNAN GEDUNG', *Jurnal Rancang Sipil Volume*, 1, pp. 10–20.
- Tjahjono, E. and Purnomo, H. (2004) 'Pengaruh Penempatan Penyambungan Pada Perilaku Rangkaian Balok-Kolom Beton Pracetak Bagian Sisi Luar', *Makara Teknologi*, 8(3), pp. 90–97.
- Wadi, D. A. (2011) 'Studi pengaruh sistem struktur lantai beton bertulang terhadap biaya konstruksi'.
- Wulandari, C. M. F. (2006) 'Perancangan Modifikasi Struktur Gedung Hotel Nawasaka Surabaya dengan Sistem Ganda'.

LAMPIRAN

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan...”



END OF BORING



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS

Kampus ITS, Keputih Sukolilo Surabaya

Telp. 031 5994251 - 55 Psw. 1140,

Telp/Fax: 031 5928601, e-mail: tanah.its@gmail.com

REKAP HASIL TEST LABORATORIUM

KLIENT : DARDELA YASA GUNA
PROYEK : PEMBANGUNAN JALAN TRAM
LOKASI : JL. RAYA DARMO MEDIAN JALAN DEPAN KBS

TITIK BOR : BH-2
MASTER BOR : OSIAS TENIS

DEPTH (Meter)	VOLUMETRIC + GRAVIMETRIC								CONSOLIDATION		
	Gs	e	Sr	Wc	n	γt	γd	γsat	Pp	Cc	Cv
-7.50	2.684	1.384	100.00	51.56	58.05	1.706	1.126	1.706	1.06	0.781	4.10E-04
-15.00	2.593	1.306	100.00	50.37	56.63	1.691	1.124	1.691	*	*	*
-22.50	2.678	1.245	100.00	46.49	55.46	1.747	1.193	1.747	*	*	*
-30.00	2.642	1.209	100.00	45.76	54.73	1.743	1.196	1.743	*	*	*

DEPTH (Meter)	SIEVE ANALYSIS			ATTERBERG LIMITS			DIRECT TEST		Unconfined test		TRIAXIAL CD		VANE TEST		k (cm/sec)
	G	S	S+Cl	LL	PL	IP	C	ϕ	C _u	ϕ_u	C _d	ϕ_d	Su	Cu	
-7.50	5.81	28.52	65.67	62.37	29.35	33.02	*	*	*	*	*	*	0.11	0.11	*
-15.00	0.00	20.27	79.73	64.35	32.66	31.69	*	*	0.53	0	*	*	*	*	*
-22.50	0.00	20.16	79.84	66.77	30.19	36.58	*	*	1.25	0	*	*	*	*	*
-30.00	0.00	25.51	74.49	65.48	31.56	33.92	*	*	1.64	0	*	*	*	*	*

REMARK	G	= Gravel (%)	LL	= Liquid Limit (%)	C	= Cohesion of direct shear (kg/cm ²)
	S	= Sand (%)	PL	= Plastic Limit (%)	C _d	= Drained cohesion triaxial test(kg/cm ²)
	S + Cl	= Silt + Clay (%)	IP	= Plastic Index (%)	C _u	= Undrained cohesion (kg/cm ²)
	e	= Void ratio	Cc	= Compression Index	Su	= Strength of vane test (kg/cm ²)
	Gs	= Specific Gravity	Cv	= Compression of Consolidation (cm ² /det)	ϕ	= Angle of internal friction direct shear test (degree)
	n	= Porosity (%)	Pp	= Preconsolidation Pressure (kg/cm ²)	ϕ_d	= Angle of internal friction drained triaxial test (degree)
	Sr	= Degree of saturation (%)	*	= Not test	ϕ_u	= Angle of internal friction undrained triaxial test (degree)
	W _c	= Water content (%)				
	γ_t	= Moisture density (gr/cc)	k	= Coefficient of permeability (cm/sec)		
	γ_{sat}	= Saturated density (gr/cc)				
	γ_d	= Dry density (gr/cc)				



HYUNDAI ELEVATOR CO., LTD.

HEAD OFFICE & FACTORY

San 136-1, Ami-ri, Bubal-eup, Icheon-si, Gyeonggi-do 467-734, Korea
Tel : 82-2-3670-0661/0665 Fax : 82-2-3672-8763-4
www.hyundaielevator.co.kr

SEOUL OFFICE(INT'L SALES DIV.)

9F East Bldg, Hyundai Group Bldg., 1-7 Yeonji-dong Jongno-gu, Seoul 110-754, Korea
Tel : 82-2-3670-0661/0665 Fax : 82-2-3672-8763-4

INTERNATIONAL SALES & SERVICE NETWORK

ALGERIA Tel : 213-21-203787 Fax : 213-21-216444	ETHIOPIA Tel : 251-911-851313 Fax : 251-118-605051	MONGOLIA Tel : 976-11-7015-3333 Fax : 976-11-7016-3333	SUDAN Tel : 249-183-230-389 Fax : 249-183-230-364
ARGENTINA Tel : 5411-3220-2878	GUATEMALA Tel : 502-2388-0000 Fax : 502-2388-0044	MYANMAR Tel : 951-521080-83 Fax : 951-521080-83	SYRIA Tel : 963-114-419199 Fax : 963-114-469-8666
ARMENIA Tel : 971-4-440-49-27 Fax : 971-4-440-49-26	INDIA Tel : 91-20-3250-2190 Fax : 91-20-2747-0568	NIGERIA Tel : 234-803-7352222 Fax : 0703-4444400	THAILAND Tel : 66-2348-8000 Fax : 66-2249-8483
AZERBAIJAN Tel : 994-12-418-0106 Fax : 994-12-567-18-77	INDONESIA Tel : 62-21-631-8444 Fax : 62-21-632-6288	OMAN Tel : 968-9286-4334 Fax : 968-2449-9307	TUNIS Tel : 216-70-853-231 Fax : 216-71-754-361
BAHRAIN Tel : 973-17-702-468 Fax : 973-17-702-643	IRAN Tel : 98-21-8869-8727-36 Fax : 98-21-8855-3741	PAKISTAN Tel : 92-21-3432-0601 Fax : 92-21-3432-0617	TURKEY Tel : 90-216-488-8000 Fax : 90-216-488-9191
BANGLADESH Tel : 880-1711-533047 Fax : 880-2-9884392	IRAQ Tel : 964-770-588-0555	PANAMA Tel : 507-230-3166 Fax : 507-230-3187	TURKMENISTAN Tel : 993-12-95-0333 Fax : 993-12-95-0330
BOLIVIA Tel : 591-3-3-435243	ISRAEL Tel : 972-3-963-0000 Fax : 972-3-963-0050	PERU Tel : 51-1-472-6868 Fax : 51-1-472-6898	U.A.E. Abu Dhabi Tel : 971-2-671-1779 Fax : 971-2-443-8822 Dubai Tel : 971-4-294-4475 Fax : 971-4-294-4476
BRAZIL Tel : 55-81-3271-6272 Tel : 55-11-9981-0381	ITALY Tel : 39-0464-485-333 Fax : 39-0464-485-334	PHILIPPINES Tel : 632-716-0905 Fax : 632-714-8896	USA Tel : 1-562-404-1909 Fax : 1-562-404-1902
CHILE Tel : 562-263-53394	JAPAN Tel : 81-3-3436-5117 Fax : 81-3-3436-5198	POLAND Tel : 48-61-820-85-51 Fax : 48-61-820-85-52	VENEZUELA Tel : 58-212-232-8263 Fax : 58-212-232-7178
CHINA Tel : 86-21-6485-8600 Fax : 86-21-6485-3511	JORDAN Tel : 962-79-5526-713 Fax : 962-6-5699-014	QATAR Tel : 974-4436-6687 Fax : 974-4436-6689	VIETNAM Tel : 84-4-3572-4588 Fax : 84-4-3572-4699
COLOMBIA Tel : 57-4-444-9297	KAZAKHSTAN Tel : 7-727-244-0555 Fax : 7-727-267-6456	RUSSIA Tel : 7-495-514-00-32 Fax : 7-495-258-04-18	SAUDI ARABIA Tel : 966-2-652-9000 Fax : 966-2-652-9090
CUBA Tel : 537-699-3460 Fax : 537-699-3412	KUWAIT Tel : 965-2245-7925 Fax : 965-2242-3510	SPAIN Tel : 34-933-779-200 Fax : 34-933-779-401	SOUTH AFRICA Tel : 277-1455-4770
DOMINICAN REPUBLIC Tel : 809-566-9426	LIBYA Tel : 218-91-735-0745 Fax : 201-00-354-4237		
ECUADOR Tel : 593-2-254-2831 Fax : 593-2-255-3761	MEXICO Tel : 52-55-56635246 Fax : 52-55-5663-2982		
EGYPT Tel : 20-2-25050874 Fax : 0020-2-25078503			

PASSENGER ELEVATORS - We reserve the right to change designs and specifications for the product development without prior notice.
Copyright © HYUNDAI ELEVATOR CO., LTD. All rights reserved. Printed in Korea.
CATALOG CODE : C-PEL-E0408/2013.03/Rev.4



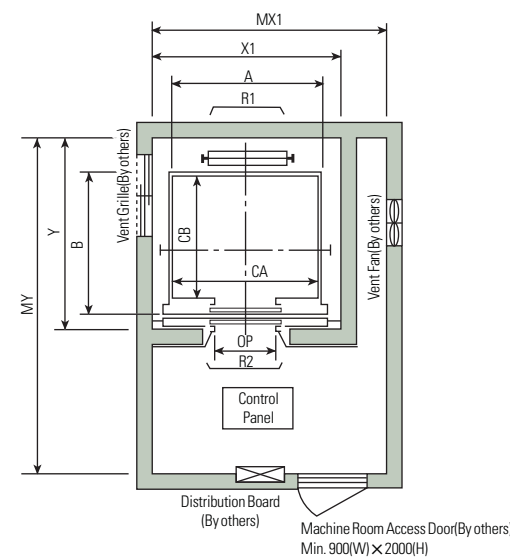
Moving solutions with safety, reliability and efficiency

PASSENGER ELEVATORS

 **HYUNDAI ELEVATOR**

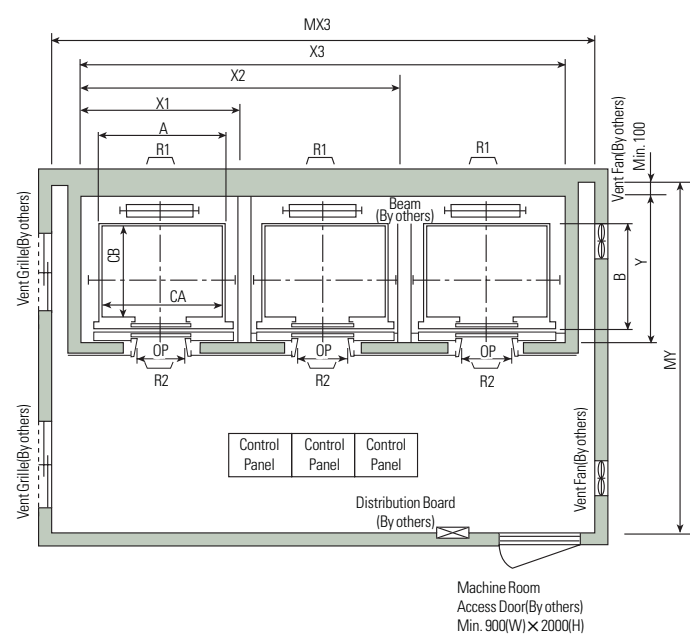
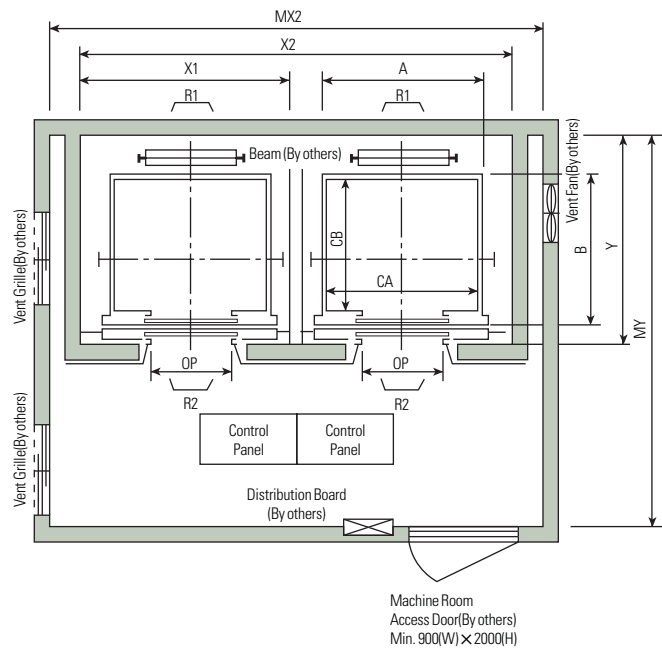
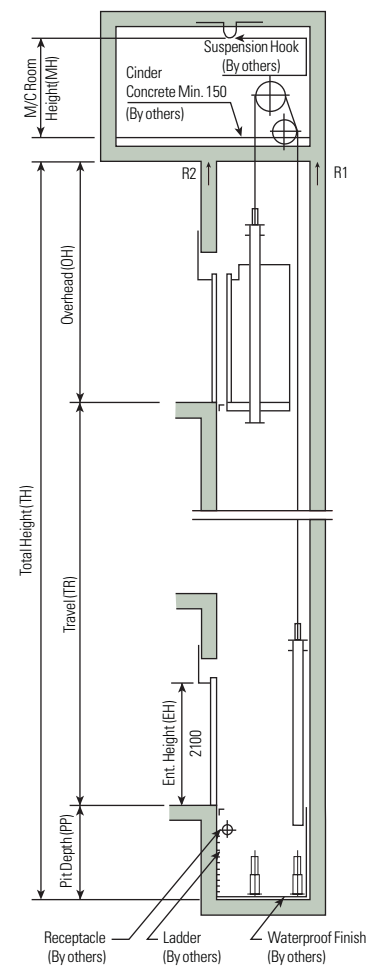
Layout Plan – Geared Elevators 1~1.75m/sec

Plan of Hoistway & Machine Room



Note: Machine room temperature should be maintained below 40°C with ventilating fan and/or air conditioner(if necessary) and humidity below 90%.

Section of Hoistway



Standard Dimensions & Reactions

(Unit : mm)

Speed (m/sec)	Capacity		Clear Opening	Car		Hoistway				M/C Room				M/C Room Reaction (kg)		Pit Reaction (kg)	
	Persons	kg		Internal CA × CB	External A × B	1Car X1	2Cars X2	3Cars X3	Depth Y	1Car MX1	2Cars MX2	3Cars MX3	Depth MY	R1	R2	R3	R4
1	6	450	800	1400 × 850	1460 × 1005	1800	3700	5600	1430	2000	4000	6000	3200	3600	2000	5200	4300
	8	550	800	1400 × 1030	1460 × 1185	1800	3700	5600	1610	2000	4000	6000	3400	4050	2250	5800	4700
	9	600	800	1400 × 1130	1460 × 1285	1800	3700	5600	1710	2000	4000	6000	3500	4100	2450	6100	4900
	10	700	800	1400 × 1250	1460 × 1405	1800	3700	5600	1830	2000	4000	6000	3600	4200	2700	6600	5200
	11	750	800	1400 × 1350	1460 × 1505	1800	3700	5600	1930	2000	4000	6000	3700	4550	2800	6900	5400
1.5	13	900	900	1600 × 1350	1660 × 1505	2050	4200	6350	1980	2300	4400	6800	3750	5100	3750	7900	6100
	15	1000	900	1600 × 1500	1660 × 1655	2050	4200	6350	2130	2300	4400	6800	3850	5450	4300	8400	6400
1.75	17	1150	1000	1800 × 1500	1900 × 1670	2350	4800	7250	2180	2600	4900	7500	3900	6600	5100	10800	8500
			1100	2000 × 1350	2100 × 1520	2550	5200	7850	2030	2800	5250	8300	3800				
	20	1350	1000	1800 × 1700	1900 × 1870	2350	4800	7250	2380	2600	4900	7500	4200	7800	6000	11800	9100
			1100	2000 × 1500	2100 × 1670	2550	5200	7850	2180	2800	5250	8300	4000				
1.75	24	1600	1100	2000 × 1750	2100 × 1920	2550	5200	7850	2430	2900	5400	8300	4300	8500	6800	13100	9900
				2150 × 1600	2250 × 1770	2700	5500	8300	2280	3000	5650	8700	4200				

- Notes :** 1. Above hoistway dimensions are based on 15-storied buildings. For application to over 16-storied buildings, the hoistway dimensions shall be at least 5% larger considering the sloping of the hoistways.
2. Above dimensions are based on center opening doors. For applicable dimensions with side opening doors, consult Hyundai.
3. When non-standard capacities and dimensions are required to meet the local code, consult Hyundai.
4. The capacity in persons is calculated at 65kg/person. (EN81=75kg/person)
5. Above dimensions are applied in case the door is standard. In case fire protection door that the clear opening is over 1000mm is applied, hoistway size for 1 car should be applied above. X1 dimension plus 100mm.

(Unit : mm)

Speed (m/sec)	Overhead (OH)	Pit (PP)	M/C Room Height (MH)
1	4600	1500	2200
1.5	4800	1800	2400
1.75	5000	2100	2400

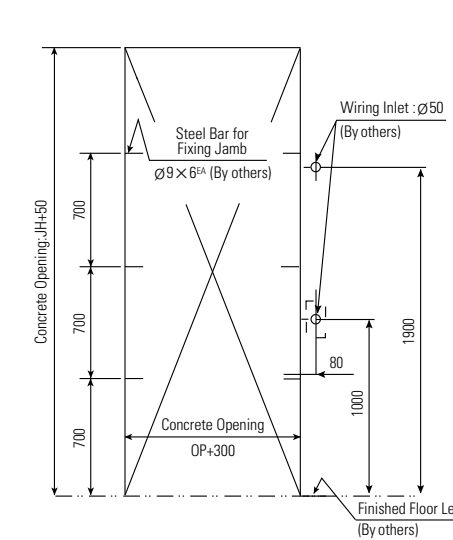
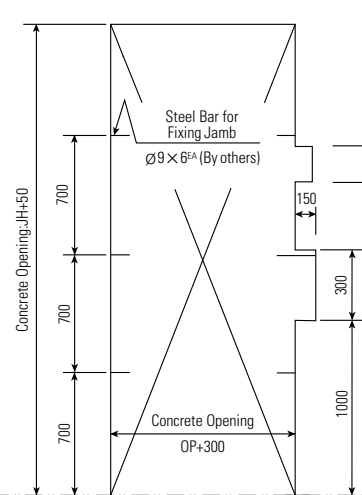
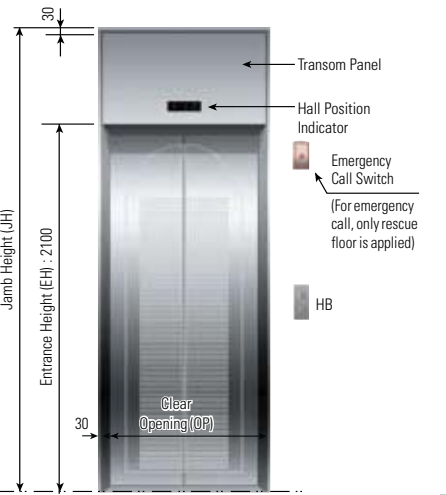
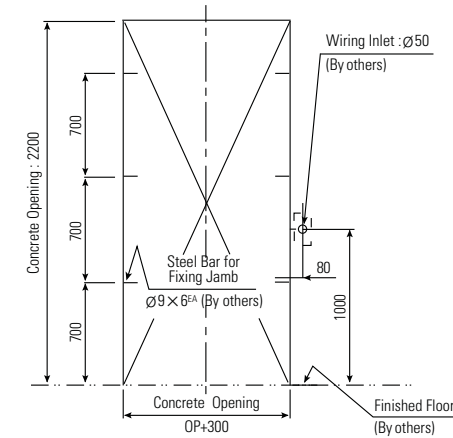
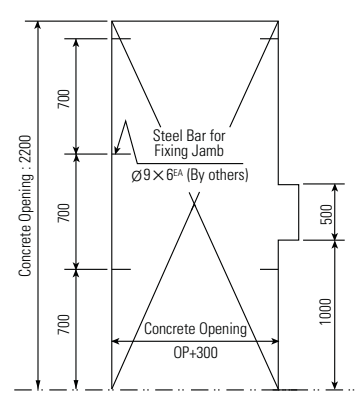
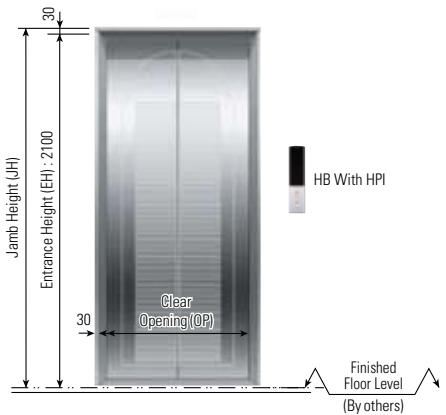
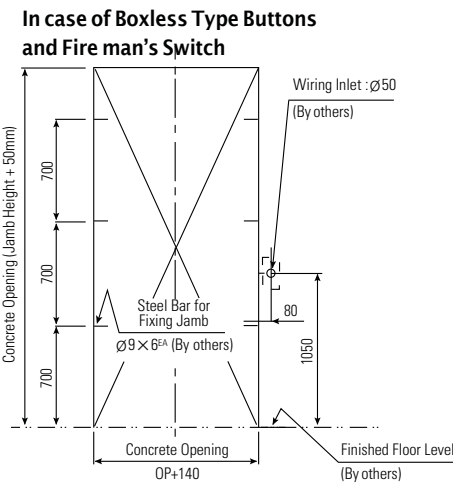
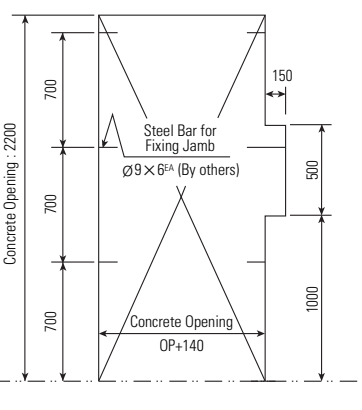
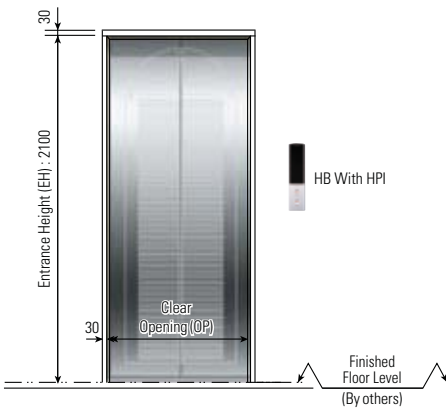
- Notes :** 1. The minimum hoistway dimensions are shown on the above table. Therefore, some allowances should be made considering the sloping of the hoistways.
2. Machine room temperature should be maintained below 40°C with ventilating fan and/or air conditioner (if necessary) and humidity below 90%.
3. The minimum machine room height should be 2800mm in case of the traction machine with double isolation pad.

Typical Entrance Layouts

Typical Entrance Layouts – Only for Floor with Control Panel of the Machine-Room-Less Elevators

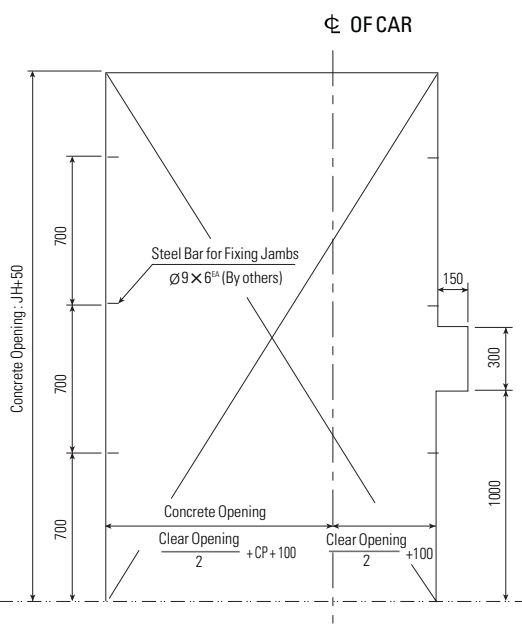
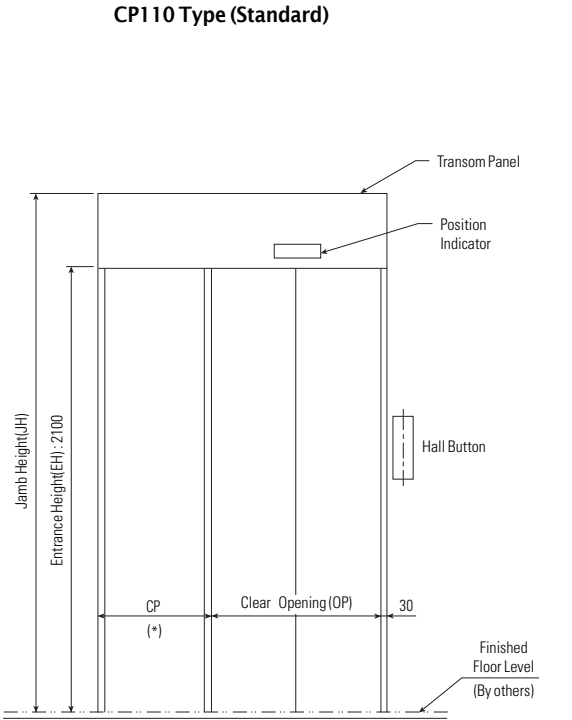
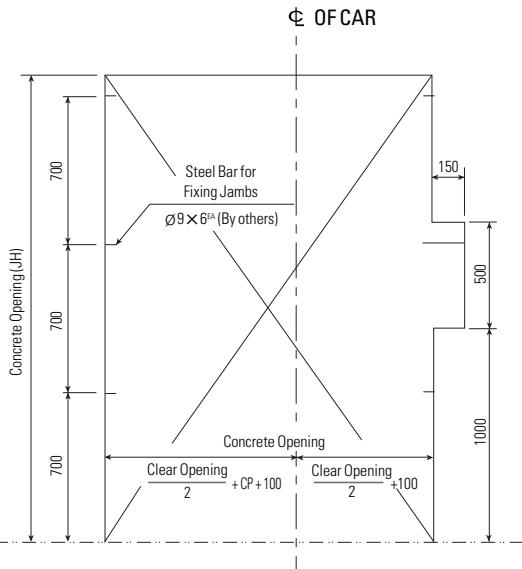
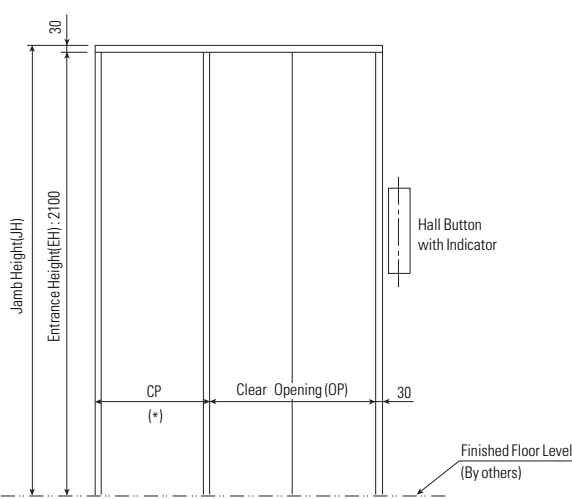
Entrance

Structural Opening of Entrance



Entrance Design

Structural Opening of Entrance

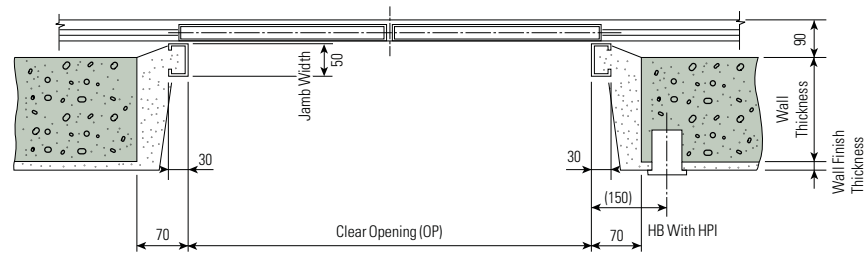


(Unit: mm)

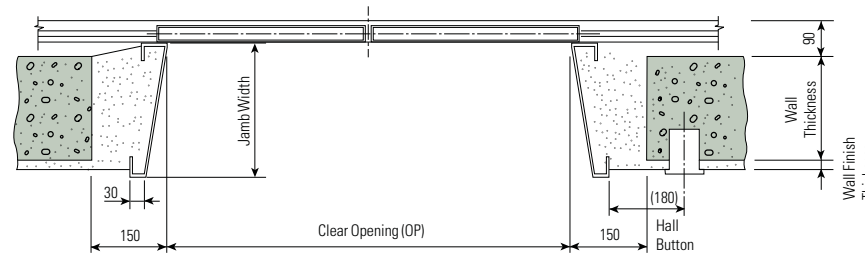
Persons	Speed (m/sec)	Width of Control Panel (CP)(*)
8~17	Under 1.75	530
20, 24	1	530
	1.5	630
	1.75	630

Typical Entrance Layouts – 2-Panel Center-Opening Doors (CO)

Plan of Entrance

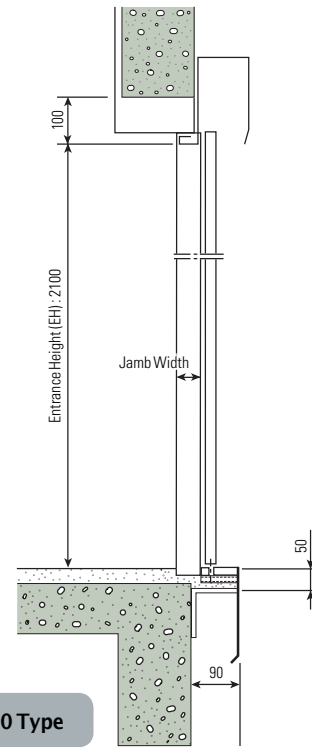


JP050 Type

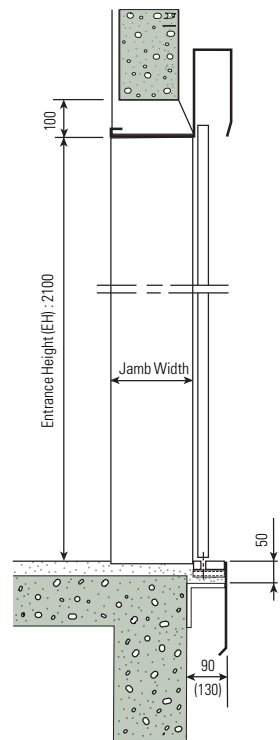


JP100, JP200 Type

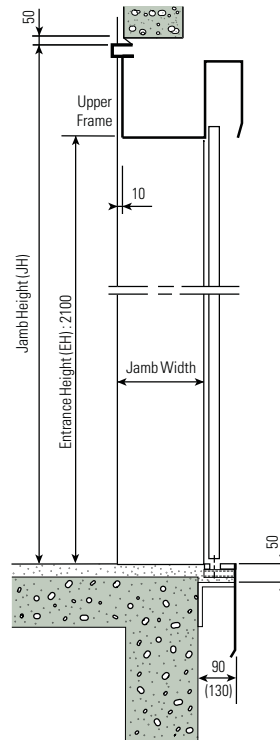
Section Entrance



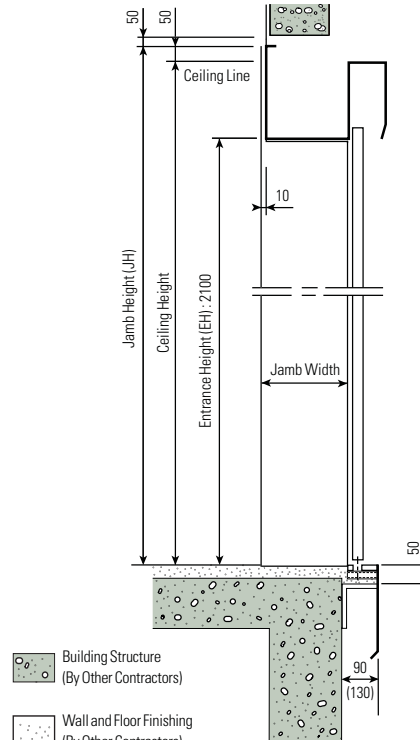
JP050 Type



JP100 Type



JP200 Type
(with upper frame)



JP200 Type
(without upper frame)

Building Structure
(By Other Contractors)

Wall and Floor Finishing
(By Other Contractors)

Note: The dimension in () is applied for 2m/sec and over.

Works To Be Done By Other Contractors

The following works are not included in the elevator contract, and shall be done by other contractors in accordance with the Hyundai Elevator's drawings and the applicable codes and regulations.

The reference rules shown are from Code ANSI.

Building Work

Hoistway

1. Clear, plumb hoistway with fire resistant hatch walls as required by the applicable code. (Rule 100.1a)
2. 75° bevel guards on all projections, recesses, or setbacks over 50mm except on side used for loading or unloading. (Rule 100.6)
3. Venting of the hoistway as required by the applicable code or responsible authority. (Rule 100.4)
4. Supports for rail brackets at each floor, roof, and machine room. (Rule 200.9)
Maximum allowable vertical spacing of rail supports without backing. (Rule 200.4 and 301.1) Divider beams 100mm between hoistway at each floor and roof, for guide rail bracket supports. (Rule 200.4, 200.9 and 301.1)
5. Recesses supports and patching as required to accommodate hall button boxes, signal fixtures, etc.
6. All barricades either outside elevator hoistways or between inside hoistways as required.
7. Dry pit reinforced to sustain normal vertical forces from rails and buffers. (Rule 106.1b and 109) Consult Hyundai Elevator Company for rail forces and buffer impacts. Where there is space below the pit floor that can be occupied, consult Hyundai Elevator Company for special requirements. (Rule 300.4) Cylinder hole, casings under the pit as required, and backfilling around the cylinder casings when direct plunger type is to be installed.
8. Where access to the pit is by means of the lowest hoistway entrance, vertical iron ladder extending 1060mm minimum above sill of access door. (Rule 106.1d)
9. Entrance walls and finished floor are not to be constructed until after door frames and sills are in place. Door frames are to be anchored to walls and properly grouted in place to maintain legal fire rating.
10. For application as indoor or outdoor observation elevator, a glass enclosure of at least 3.6m in height at the bottom landing is recommended for safety. For use as an outdoor observation elevator, a full-height glass enclosure is required.

Machine Room

11. Enclosed and protected machine room. (Rule 101.1)
12. Access to the machine room and machinery space as required by the applicable code or responsible authority. (Rule 101.3)
13. Reinforced concrete machine room floor slab or grating, as specified, which must not be placed over the hoistway until elevator machinery is set in position. (Rule 100.3 for Traction Elevator)
Clear access above ceiling or trench in floor, for oil line and wiring duct from machine room, if machine room is remote from elevator hoistway. (For Hydraulic Elevator) Cutout through machine room wall, for oil line and wiring duct as required by Hyundai Elevator's shop drawings. (For Hydraulic Elevator)
14. Hoisting beams, trap doors, and other means of access to machine room for maintenance and equipment removal purposes. (Rule 101.3d)
15. Cable guards in the machine room or secondary level. (Rule 104.1)
16. Supports for machine and sheave beams and reactions including wall pockets and patching after beams are set in place. (Rule 105.1 to 105.5)

Electrical Work

Hoistway

1. Light outlet for each elevator, in center of hoistway (or in machine room) as indicated by Hyundai Elevator Company.
2. Convenience outlet and light fixture in pit with switch located adjacent to the access door. (Rule 106.1e)
3. Wiring and piping work of emergency bell, interphone, etc. Outside the hoistway and the machine room.

Machine Room

4. Lighting, convenience outlets, ventilation, heating of machine room, and machinery space. (Rule 101.5)
5. Temperature should be maintained below 40° by a ventilating fan and/or air conditioner, if necessary, and humidity below 90%.
6. A fused disconnect switch or circuit breaker for each elevator and light switch located per the applicable code and where practicable located adjacent to the door of the machine room. (Rule 210.5 and 306.7)
7. Feeder and branch wiring to the controller, including main-line switch and convenience outlets.
8. Suitable power feeder and branch wiring circuits as required for elevators with power-operated doors, including disconnect switch or circuit breaker.

Emergency Provisions

9. Elevator fireman's and other emergency services wiring and interconnections to automatic sprinkler systems or heat and smoke sensing devices furnished by others and installed to terminal points on the elevator controllers.
10. When emergency power operation of elevators is required, the electrical contractor should coordinate with Hyundai Elevator Company or local distributor for operation requirements.
11. Elevator fireman's and other emergency service requirements may differ from each country. Consult Hyundai Elevator Company or local distributor for other local requirements.
12. When provisions for earthquake protection are required, consult Hyundai Elevator Company for special requirements.

Heat Emission of Machine Room

$$Q(\text{Kcal/H}) = W \times V \times F \times N$$

W: Capacity (kg) V: Speed (m/sec)

F: Factor (1/40: VVVF) N: Number of cars



JENKA Lifting System

For safe and efficient lifting of precast concrete elements

Version: **Peikko Group 04/2016**



1.2 JENKA short inserts

The JENKA Short Inserts, WAS, BSA and PSA, are used in applications where only limited anchoring depth is present, such as slabs. They are not intended for tilting up processes and the load angle is limited to 45°. This section describes the product properties of JENKA Short Inserts. Peikko's standard products are always delivered galvanized with Peikko Rd thread, which enables full compatibility with M thread. All dimensions given in this section are valid for all finishes and both Rd and M threaded items equally.

JRd30: JENKA Lifting Insert specialized Rd30 thread (standard item)

JM30: JENKA Lifting Insert metric M30 thread (available up on request)

1.2.1 Dimensions

JENKA Short Inserts are available in the standard lengths shown in *Figure 20* and *Table 15*. Inserts with customized lengths for special purposes are available upon request.

Figure 20. WAS, BSA and PSA insert types.

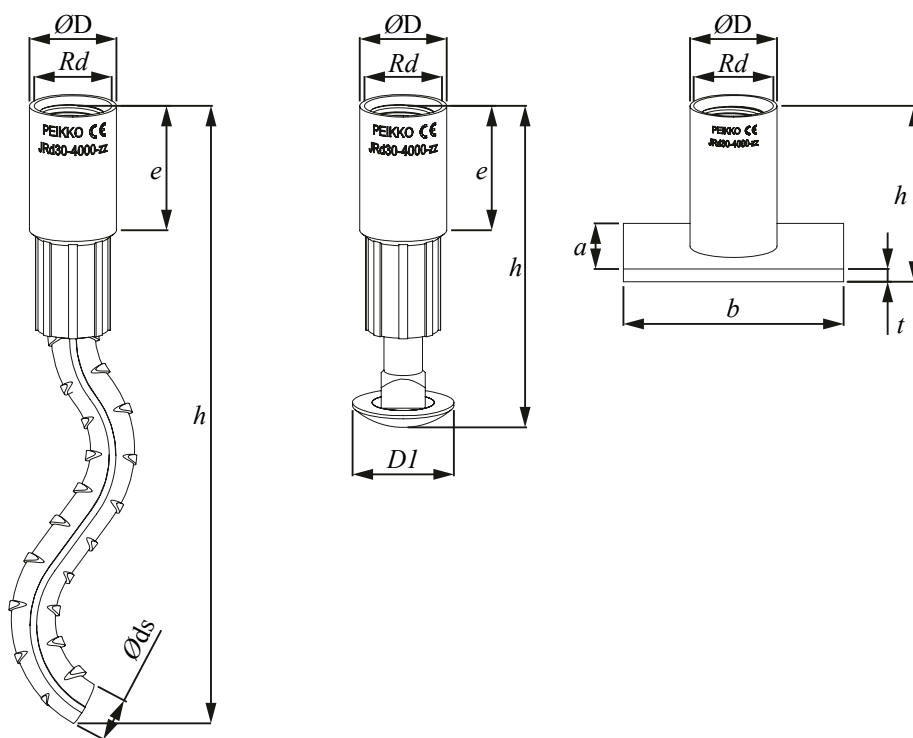
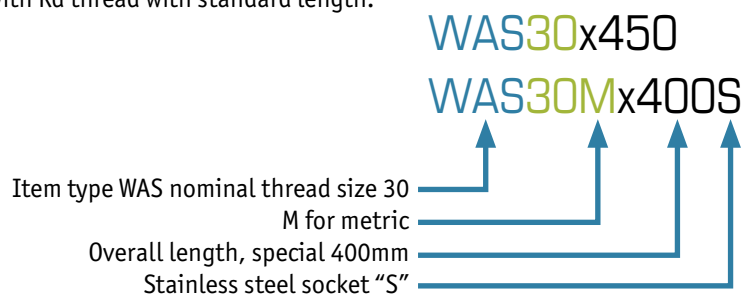


Table 15. Dimensions of WAS/BSA/PSA inserts.

Item No. JRd/JM	Dimensions							WAS h [mm]	BSA h [mm]	PSA h [mm]
	Rd/M [mm]	ØD [mm]	e [mm]	Øds [mm]	ØD1 [mm]	a x b [mm]	t [mm]			
12	12	15.0	22	8	20	25x35	4	150	60	30
14	14	18.0	25	10	24	35x35	4	155	70	33
16	16	21.0	27	12	30	35x50	4	175	80	35
18	18	24.0	34	14	38	45x60	5	225	90	44
20	20	27.0	35	14	38	60x60	5	250	100	47
24	24	31.0	43	16	46	60x80	5	275	115	54
30	30	40.0	56	20	46	80x100	6	350	150	72
36	36	47.0	68	25		100x130	6	450		84
42	42	54.0	80	28		130x130	8	500		98
52	52	67.0	100			130x150	10			117

Ordering example for Peikko JENKA WAS Inserts.

Item type with Rd thread with standard length.



PLEASE NOTE:

Selecting items such as WAS30 or WAS30x350 defines same product because standard length will be selected when no other information is added. For customized lengths please use the following code: WAS30xL (L in mm). The method can also be applied to BSA or PSA inserts.

1.2.2 Weights of system components

Component weights are given in Table 16. This information is valid for Rd and M threaded products and for electro galvanized, black, or stainless steel finishes. These Tables only take into account standard product dimensions.

Table 16. Weight of JENKA Short Inserts.

Item No. JRd/JM	WAS	BSA	PSA
	[kg/pcs]		
12	0.1	0.1	0.1
14	0.1	0.1	0.1
16	0.2	0.1	0.1
18	0.3	0.2	0.2
20	0.4	0.3	0.3

Item No. JRd/JM	WAS	BSA	PSA
	[kg/pcs]		
24	0.6	0.4	0.4
30	1.2	0.7	0.7
36	2.0		1.2
42	3.1		1.8
52			2.9

1.2.3 Safe working loads for JENKA Short Inserts

The resistance of the JENKA Lifting System is determined by a design concept that makes reference to the following standards and regulations.

EN1992-1-1:2011

Machinery directive 2006/42/EC

VDI/BV-BS6205:2012

The load capacities depend very much on how and in which combination the items will be used. For short JENKA Lifting Inserts, all JENKA Lifting Keys (TLL, JL, JLW) can be used at an angle β of 0–45°.

The safe working load capacities (SWL) are based upon specific dimensions and edge distances as given in the following sections. Before selecting an insert, take note of the design assumptions in this manual. **The minimum compressive strength of the concrete at the moment of load application is 15 MPa.**

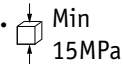
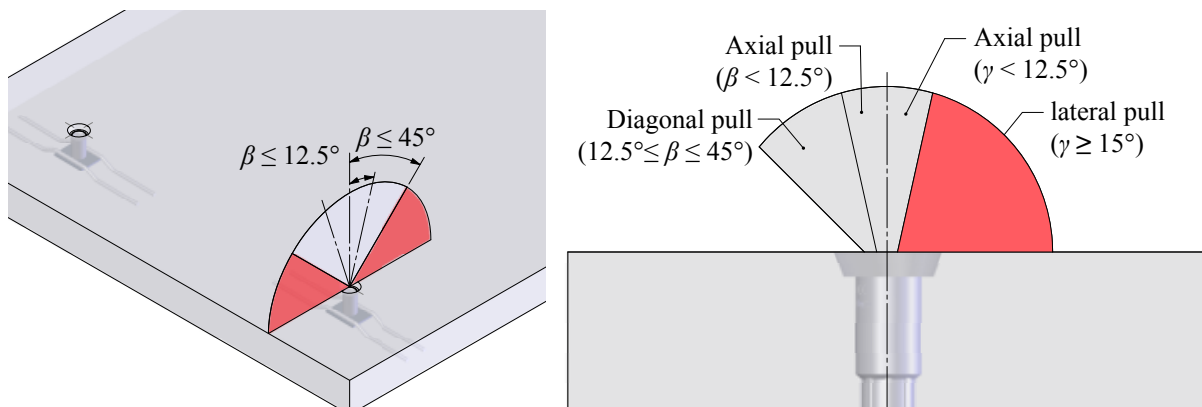


Table 17 shows the safe working load levels of JENKA Short Inserts. Select inserts that are suitable for the planned load directions. Figure 21 illustrates the load directions related to this table.

Table 17. Safe working load (SWL) for JENKA Short Inserts.

Item No. JRd/JM	Load Class	WAS SWL for β 0–45° [kN]	BSA SWL for β 0–45° [kN]	PSA SWL for β 0–45°		
				at 15 MPa[kN]	at 20 MPa[kN]	at 25 MPa[kN]
12	500	5	5	5	5	5
14	800	8	8	8	8	8
16	1200	12	12	10	12	12
18	1600	16	16	14.2	16	16
20	2000	20	20	18.3	20	20
24	2500	25	25	25	25	25
30	4000	40	40	40	40	40
36	6300	63		63	63	63
42	8000	80		80	78	80
52	12500			95	110	125

Figure 21. Load directions for JENKA Short Inserts.



**PLEASE NOTE:**

Diagonal pull between 12.5° and 45° is only permitted with additional reinforcement in accordance with the following section.

1.2.4 Unit geometry and spacing

The use of Peikko Lifting systems requires a specific element geometry. The load capacities given in this section of the manual are based on specific dimensions and edge and axial distances. The safety factors can only be ensured as described if the geometric specifications are complied with. Peikko's engineering service offers customized solutions to make special applications possible.

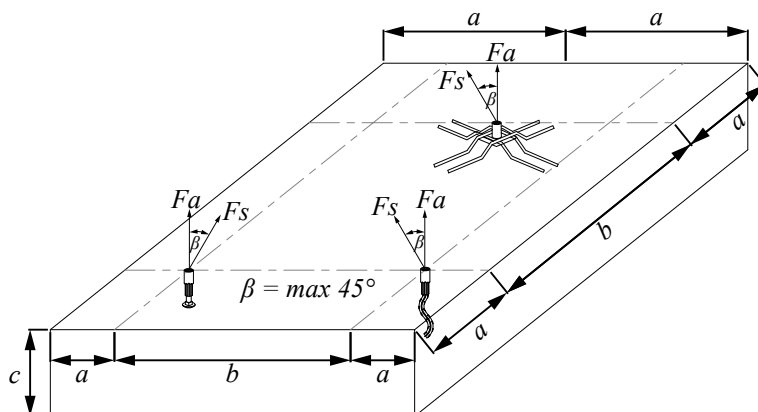
Before selecting and installing an insert, consider the general information in the previous sections of this manual. The required part geometry specification for JENKA Long Inserts differs from that for short inserts. The two types cannot replace each other or be applied in the same way unless the geometric requirements are complied with.

JENKA Short Inserts are commonly used in thin, flat elements with limited anchorage depth. With this insert type, most of the anchor loads are transferred over the width of the element. In many cases, capacities are limited by the element thickness c due to slab bending during lifting. The minimum element thickness and minimum edge and axial distances for respective insert types are shown in *Table 18*. *Figure 22* visualizes the requirements.

Table 18. Minimum unit geometry for JENKA Short Inserts.

Item No. JRd/JM	WAS			BSA			PSA		
	b [mm]	a [mm]	c [mm]	b [mm]	a [mm]	c [mm]	b [mm]	a [mm]	c [mm]
12	200	95	140	360	180	80	350	180	70
14	200	115	160	420	210	90	350	180	80
16	260	135	190	180	240	100	500	250	85
18	300	155	210	540	270	110	600	300	95
20	350	170	215	600	300	120	600	300	100
24	440	220	270	690	345	135	800	400	115
30	550	275	335	900	450	170	1000	500	140
36	600	300	420				1300	650	160
42	800	400	480				1300	650	175
52							1500	750	215

Figure 22. JENKA Short Inserts geometry requirements.



PLEASE NOTE:

The geometry specification requires that installation is within the tolerances defined in section 2.

1.2.5 Reinforcement for JENKA Short Inserts

The use of lifting systems requires a minimum level of reinforcement in the concrete elements. The reinforcement that is defined by structural design can be considered by taking into account the existing cross section. The required reinforcement level can be attained using single reinforcing bars or wire mesh with an equivalent or greater cross section (mm^2/m or cm^2/m). If the designed reinforcement must be removed or cut to install the JENKA Lifting Insert, this area must be repaired by adding a similar cross section of reinforcement (single bars or wire mesh) with sufficient overlapping length.



WARNING:

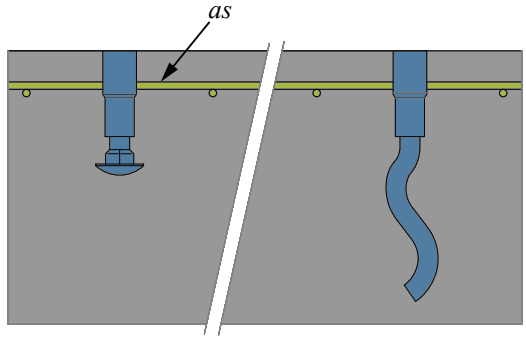
Always check that sufficient reinforcement is designed and installed. Too little reinforcement can result in severe accidents and collapsing elements.

The reinforcement described in this section supports only the load impact of the lifting system on the concrete element. The structural designer must bear in mind that the element may bend as a result of the transportation process. Additional reinforcement may be needed to prevent the element from cracking. This must be defined separately. Surface reinforcement (mm^2/m) must be considered and installed cross-wise for each element direction.

JENKA Short Inserts require only a top surface that must have a reinforcement layer. *Table 19* and *Table 20* show the required reinforcement level.

Table 19. Reinforcement for JENKA BSA and WAS Short Inserts.

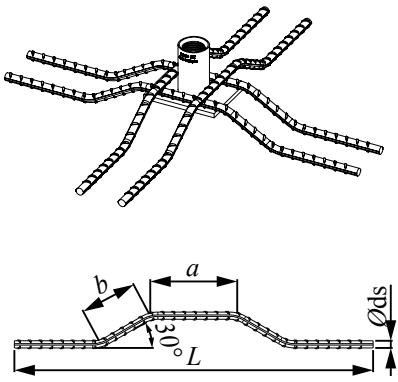
Item No. JRd/JM	BSA	WAS
	Surface reinforcement [#mm ² /m]	Surface reinforcement [#mm ² /m]
12	131	131
14	131	131
16	131	131
18	188	188
20	188	188
24	188	188
30	188	188
36		188
42		188



The PSA insert type is designed to fit into very flat and slim elements. For this reason, the insert requires anchoring bars in addition to surface reinforcement. The anchoring bars must run in pressure contact with the base steel plate. *Table 20* illustrates the installation and detailed dimensions of anchoring bars.

Table 20. Reinforcement for JENKA PSA Short Inserts.

Item No. JRd/JM	PSA surface Reinforcement [mm ² /m]	Amount [pcs.]	Anchoring bars for PSA			
			\varnothing_{ds} [mm]	L [mm]	a [mm]	b [mm]
12	131	2	6	250	60	60
14	131	2	6	360	60	70
16	131	2	8	420	90	70
18	188	2	8	530	90	80
20	188	2	8	640	90	80
24	188	4	10	640	90	100
30	221	4	12	830	90	110
36	221	4	14	1140	140	120
42	513	4	16	1250	140	120
52	513	4	20	1530	140	150



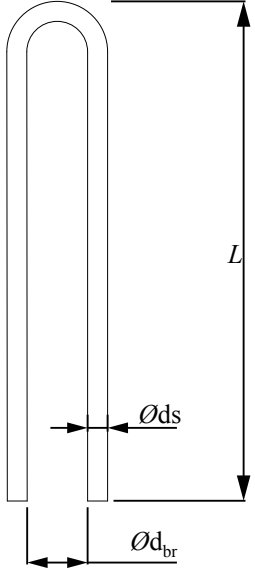
1.2.6 Types and geometry of additional reinforcement

Reinforcement for diagonal pull (from 12.5° to 45°)

Diagonal pull on the inserts requires special reinforcement around the socket to support the insert. This reinforcement must always have direct pressure contact with the socket. This can either be achieved by wire fixing or by using Peikko DSH item which enables double sided curved fixing for the additional rebar. A smaller diameter for the rebar can be used for limitations up to a maximum of 30°. Depending on the angle that must remain within 45°, the reinforcement is shown in *Table 21*.

Table 21. Diagonal rebar for all insert types.

Item No. JRd/JM	For all insert types			
	12.5° ≤ β ≤ 45°		12.5° ≤ β ≤ 30°	
	Øds [mm]	L [mm]	Øds [mm]	L [mm]
12	6	150	6	150
14	6	200	6	200
16	8	200	6	250
18	8	250	8	200
20	8	300	8	250
24	10	300	8	300
30	12	400	10	350
36	14	550	12	450
42	16	600	14	600
52	20	750	16	700



The recommendation for the bending diameter of the diagonal rebar " d_{br} " is the outer diameter of the insert socket. This ensures a precise finish and limits the possibility of installation errors. As an alternative, a sufficiently large bending diameter according to EN1992-1-1:2011 can be implemented so that the rebar encloses the socket.

The diagonal pull rebar must be installed at an angle of approximately 20° as demonstrated in *Figure 23* and *Figure 24*.

Figure 23. Installation for JENKA Short Inserts.

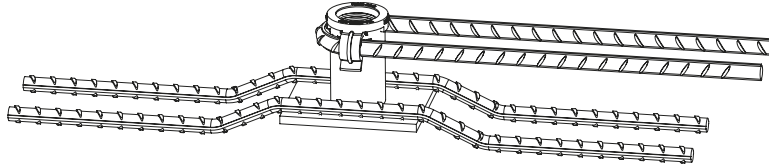
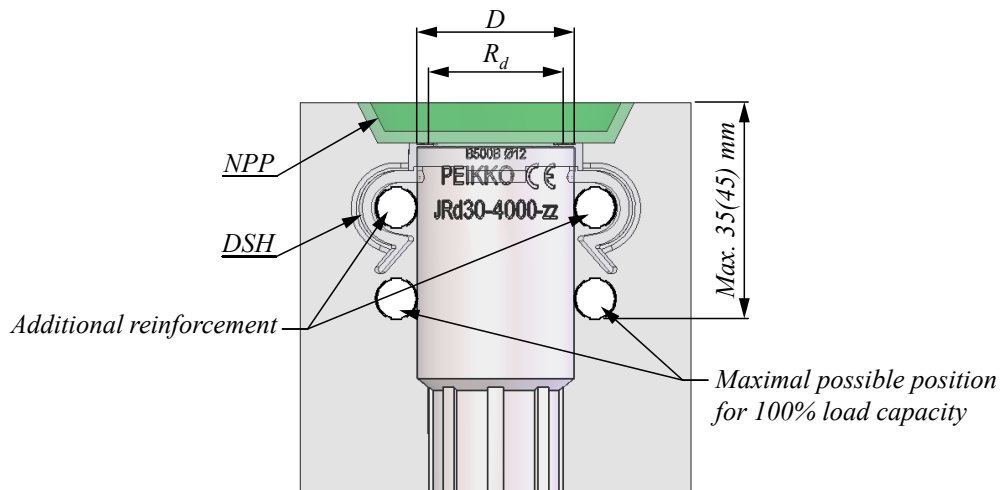


Figure 24. Installation tolerances.



1.3 JENKA Lifting keys

1.3.1 Dimensions

JENKA Lifting Keys are used to attach the crane hook, lifting slings, or chains to the JENKA Lifting Insert, which is cast into the concrete element. Different JENKA Lifting Keys are designed for different load directions. JENKA Lifting Keys can be used with all of the JENKA Lifting System's insert types. Information on the dimensions of standard items is shown in Figure 25 and Table 22. Peikko's standard products are always delivered with Peikko Rd thread. Lifters with Rd thread do not fit into inserts with M thread. The length of TLL and JLW can be customized with wire length h upon request. All threaded JENKA Lifting Keys must be screwed into the insert with full length of the thread.

Figure 25. TLL, JL and JLW JENKA Lifting Keys.

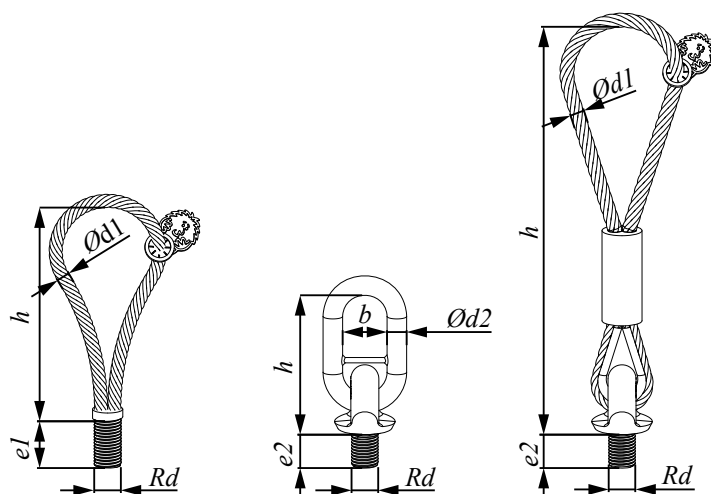
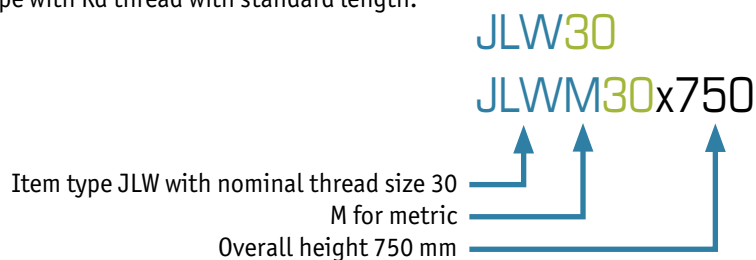


Table 22. Dimensions of JENKA lifting keys.

Item No. JRd/JM	Dimensions						TLL	JL	JLW	TLL, JL, JLW SWL for β 0-45°	JL, JLW SWL for γ of 90°
	Rd/M [mm]	$\varnothing d1$ [mm]	$\varnothing d2$ [mm]	$e1$ [mm]	$e2$ [mm]	B [mm]	h [mm]	h [mm]	h [mm]	[kN]	[kN]
12	12	6	13	22	19	50	133	137	205	5	2.5
14	14	7	13	25	21	50	130	137	320	8	4.0
16	16	8	13	27	24	50	138	137	335	12	6.0
18	18	9	16	34	27	50	156	146	370	16	8.0
20	20	10	16	35	29	50	180	146	385	20	10.0
24	24	12	16	43	35	50	212	146	410	25	12.5
30	30	16	22	55	43	50	245	155	475	40	20.0
36	36	18	22	67	52	50	293	155	525	63	31.5
42	42	20	26	75	60	65	350	192	615	80	40.0
52	52	26	26	95	73	65	435	192	710	125	62.5

Order example for Peikko JENKA JLW lifting key.

Item type with Rd thread with standard length.



PLEASE NOTE:

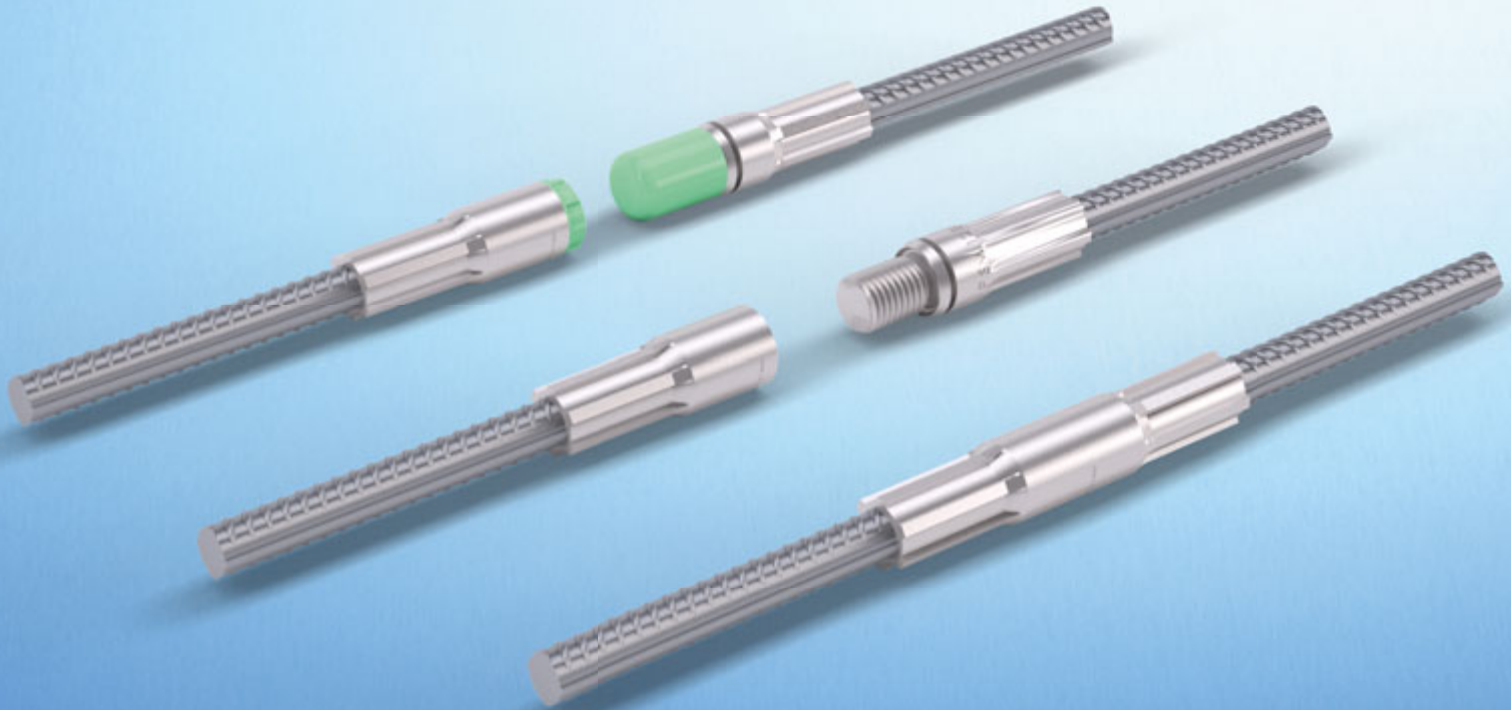
Selecting items such as JLW30 or JLW30x475 defines same product because a standard length will be selected when no other information is added. For customized lengths please use following code: JLW30xh (h in mm). This also applies to TLL loops.

1.3.2 Weights of system components

Component weights are given in *Table 23*. This information is valid for both Rd and M threaded products with electro galvanized or black finishes. This table considers only the standard product dimensions.

Table 23. Weight of JENKA Lifting Keys.

Item No. JRd/JM	TLL	JL [kg/pcs]	JLW
12	0.1	0.5	0.3
14	0.1	0.5	0.5
16	0.2	0.5	0.5
18	0.2	1.0	0.9
20	0.3	1.0	1.1
24	0.5	1.0	1.4
30	0.9	2.4	3.0
36	1.5	2.5	3.8
42	2.1	4.8	6.3
52	4.6	5.2	10.2



MODIX Rebar Couplers

Safe and flexible rebar splicing system

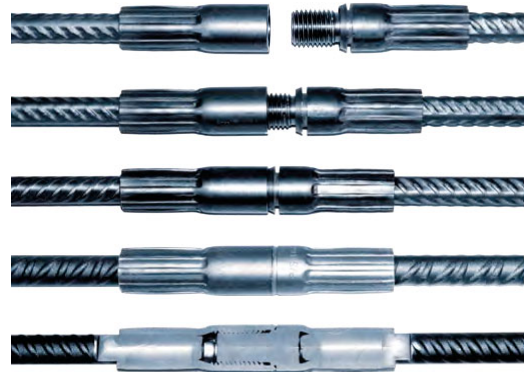
Version: Peikko Group 01/2016



MODIX Rebar Couplers

Safe and flexible rebar splicing system

- Reduces congestion of reinforcement by eliminating lap splicing
- Simplifies construction of reinforced concrete structures
- Wide range of connections with a small number of coupler types
- Quick and easy assembly with simple tools
- Safe and time-saving assembly control
- High production speed



MODIX Rebar Couplers are building products used to create mechanical connections between ribbed reinforcement bars in cast-in-situ and precast concrete structures. MODIX consists of prefabricated female and male muffs with M-threads, which are pressed onto the reinforcement bars. This system provides high production speed with reliable quality. A unique visual inspection system makes the assembly process fast and safe.

MODIX Rebar Couplers transfer the full resistance of reinforcement bars for compressive and tensile forces in connections with straight and bent reinforcement bars of the same and different diameters, also enabling the rebar to be attached to a steel profile and to form an end anchor. MODIX is available for rebar diameters of 10 mm to 40 mm.



System approved by

VTT DIBt KOMO ÉMI ITB


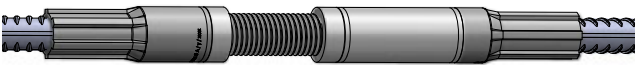
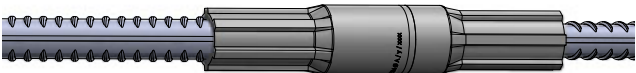
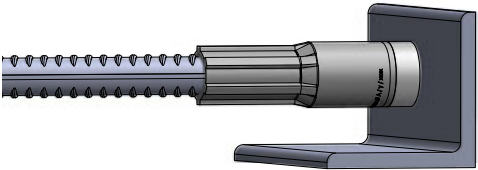
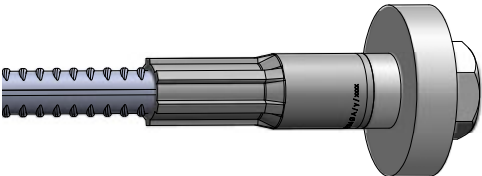
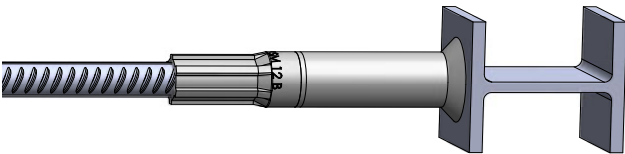
A list of national product approvals is available on Peikko's website: www.peikko.com

1. PRODUCT PROPERTIES

MODIX Rebar Couplers are used to create threaded connections between reinforcement bars. MODIX consists of a threaded coupler swaged onto a hot-rolled ribbed reinforcement bar with a diameter of 10mm to 40mm. MODIX is typically used to:

- Create continuity of reinforcement in concrete elements
- Fix end anchors to the reinforcement bar
- Fix the reinforcement bar to a steel profile

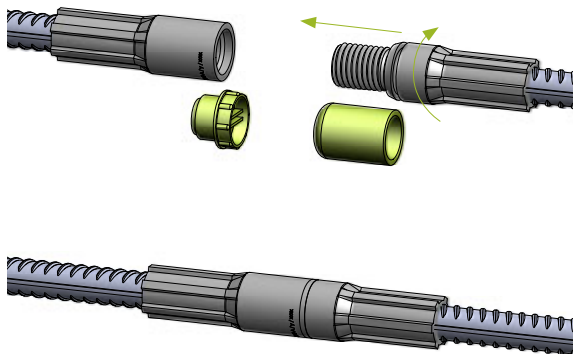
Variants of MODIX are shown in the table below:

MODIX SM Standard Coupler		<p>Threaded coupler system for connecting reinforcing bars with the same diameters.</p>
MODIX PM Position Coupler		<p>Threaded coupler system for bars that cannot be turned and moved in an axial direction, such as tapered columns with connecting bars bent at right angles.</p>
MODIX RM Reduction Coupler		<p>Threaded coupler system for connecting bars with different diameters.</p>
MODIX KM Combination Coupler		<p>Threaded coupler system for use as a combination coupler to connect a reinforcement bar and a metric screw.</p>
MODIX EM End anchor Coupler		<p>Threaded coupler system for use as an end-anchor coupler including a standard screw and end-plate.</p>
MODIX AM Welded-to Coupler		<p>Threaded coupler system for use as a weld-to coupler for connecting reinforcement bars and steel construction elements.</p>

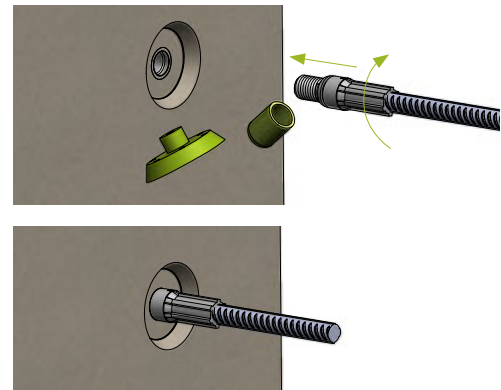
The unique visual inspection system allows MODIX connections to be installed without using special tools such as torque wrenches. MODIX connections allow all reinforcement in the concrete element to be connected in one cross section without using additional transverse reinforcement bars. This helps to avoid congestion of reinforcement in the concrete element. All in all, the optimized labor and material costs associated with using MODIX make it a competitive solution compared to traditional techniques for connecting reinforcement bars (lap splicing, welding). MODIX Rebar Couplers can be connected inside concrete elements (*Figure 1a*), on the surface of concrete elements (*Figure 1b*), or as a protruding bar solution (*Figure 1c*).

Figure 1.

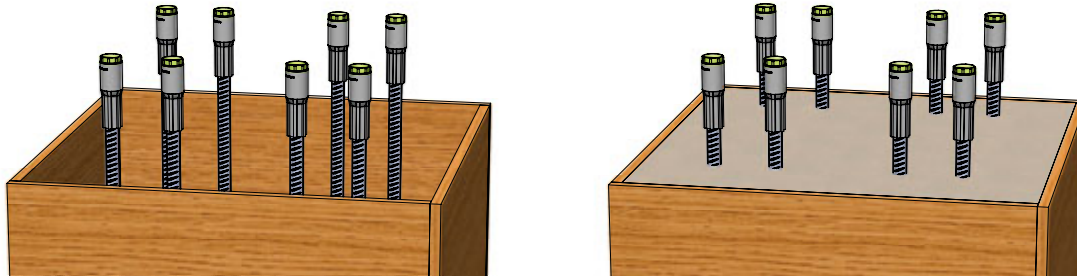
a) MODIX connected inside concrete elements MODIX connected on the surface of the element.



b) attached to formwork.



c) protruding bar solution.



1.1 Structural behavior

MODIX Rebar Couplers are designed to provide slip-free bolted connections between reinforcement bars with a tensile/compressive resistance corresponding to the resistance of the connected reinforcement bar. MODIX Rebar Couplers can be seen in the same way as unspliced continuous reinforcement bars.

1.2 Application conditions

MODIX Rebar Couplers are pre-designed for use under the conditions mentioned in this chapter. If these conditions may not be satisfied, please contact the Customer Engineering Service for custom-designed MODIX Rebar Coupler solution.

1.2.1 Loading and environmental conditions

MODIX Rebar Couplers are designed, tested and approved to carry static loads, dynamic loads, and impact loads. The couplers are made from carbon steel and can be exposed to the same environmental effects as ordinary reinforcement bars. These properties enable MODIX Rebar Couplers to be used in following types of structures:

- Public and commercial buildings
- Residential buildings
- Industrial buildings and structures
- Infrastructure (bridges and tunnels)
- Nuclear power plants

The minimum thickness of concrete cover and spacing between MODIX Rebar Couplers must be adequate according to the environmental exposure class and intended operating life.

1.2.2 Execution of the connection

The properties of MODIX connections are conditioned by proper tightening of the system in accordance with the installation instructions.

1.3 Other properties

The material properties of parts of the MODIX system have the following properties:

MODIX Rebar Couplers	S355 EN 10025-2
Reinforcement bars	Hot-rolled ribbed bars with characteristic yield strength of $f_{yk} = 450 - 550$ MPa (for example B450B, B500B and B550B according EN 10080)

Peikko Group's production units are externally controlled and periodically audited on the basis of production certifications and product approvals by various organizations, including Inspecta Certification, VTT Expert Services, Nordcert, SLV, TSUS, MPA NRW, ÉMI, KOMO, SPSC and AFCAB.

For traceability purposes, the products bear producer identification markings – the batch number, including the type of product and number of the steel partner.

MODIX Rebar Couplers are under continuous quality control, which includes permanent visual and dimensional control and regular tensile and fatigue testing by third parties.

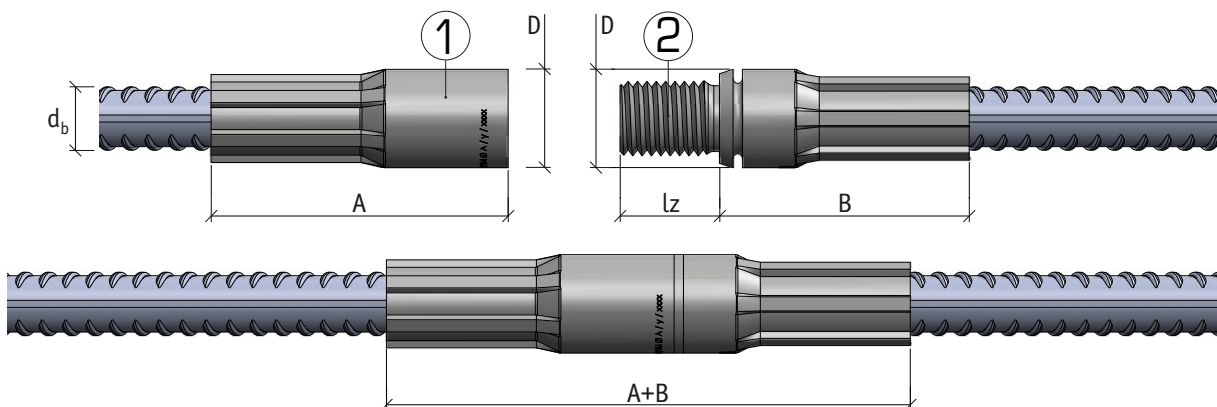
MODIX® SM (Standard Coupler)

- For connecting bars with the same diameter
- At least one bar can be moved axially and rotated

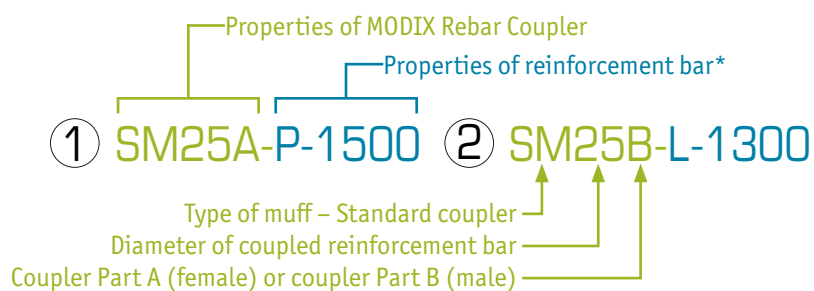


Coupler type	Bar Ø d _b [mm]	Coupler Ø D [mm]	Length Part A [mm]	Length Part B [mm]	Parts A+B fitted together [mm]	ISO metric thread M	Thread length l _z [mm]	Color of thread protector	
SM10	10	17.5	52	46	96	M 12 x 1.75	16.0	Orange	Orange
SM12	12	21.0	63	52	113	M 16 x 2	21.2	Yellow	Yellow
SM14	14	24.0	72	57	127	M 18 x 2.5	24.8	Blue	Blue
SM16	16	27.0	80	63	141	M 20 x 2.5	27.5	White	White
SM20	20	33.0	98	77	173	M 24 x 3	31.6	Gray	Gray
SM25	25	41.0	122	98	218	M 30 x 3.5	39.0	Red	Red
SM28	28	47.0	141	111	250	M 36 x 4	46.0	Black	Black
SM32	32	53.0	156	124	278	M 42 x 4.5	53.5	Brown	Brown
SM40	40	63.5	163	136	297	M 48 x 5.0	61.7	Green	Green

- Part A and Part B can be ordered separately.



Example of a product code:



*Detailed explanations of the properties of reinforcement bars are described in Annex A

Application

MODIX SM Standard Couplers are used as regular connections for reinforcement bars with the same diameters with full tension and compression capacity.

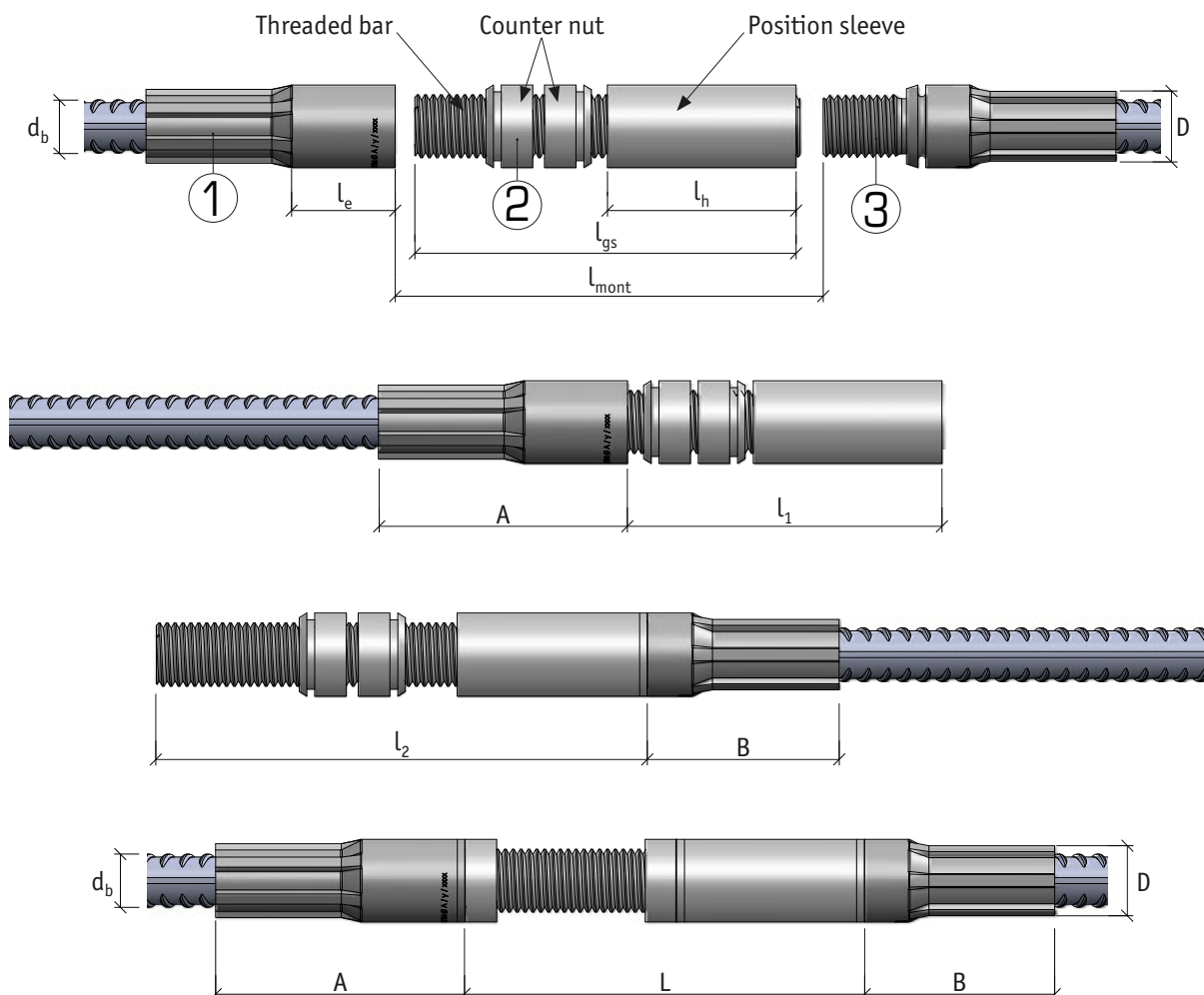


MODIX® PM (Position Coupler)

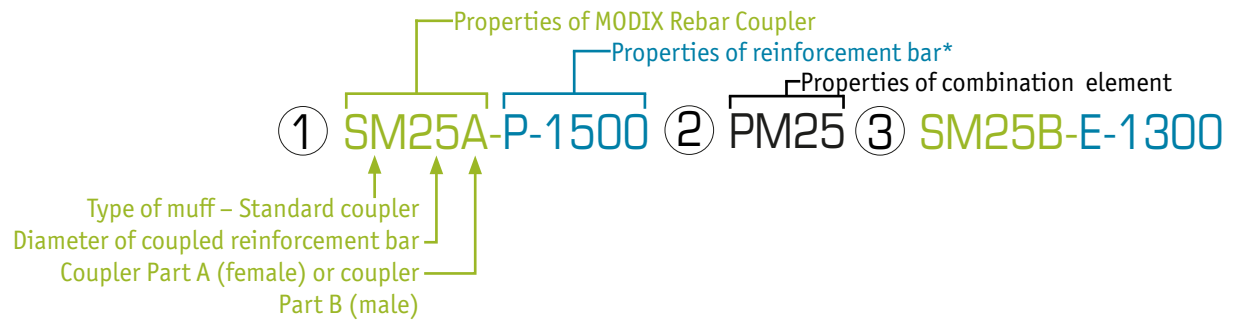
- For connecting straight or bent bars
- None of the bars can move axially or rotate



Coupler type	Bar Ø d_b [mm]	Coupler Ø D [mm]	Length Part A [mm]	Thread length Part A l_e	Length l_1	Length l_2	Length of position sleeve l_h	Length threaded bar l_{gs}	Max. free spacing l_{mont}	Length L	ISO metric thread M	Color of thread protector
PM10	10	17.5	52	21	58	95	37	79	59	74	M 12 x 1.75	Orange
PM12	12	21.0	63	26	72	119	48	98	73	93	M 16 x 2	Yellow
PM14	14	24.0	72	30	81	135	55	111	82	105	M 18 x 2.5	Blue
PM16	16	27.0	80	33	88	148	61	121	89	115	M 20 x 2.5	White
PM20	20	33.0	98	37	99	167	69	136	100	130	M 24 x 3	Gray
PM25	25	41.0	122	44	117	200	83	161	118	156	M 30 x 3.5	Red
PM28	28	47.0	141	51	136	233	97	187	137	182	M 36 x 4	Black
PM32	32	53.0	156	59	155	267	112	214	156	208	M 42 x 4.5	Brown
PM40	40	63.5	163	65	175	301	127	240	173	234	M 48 x 5.0	Green



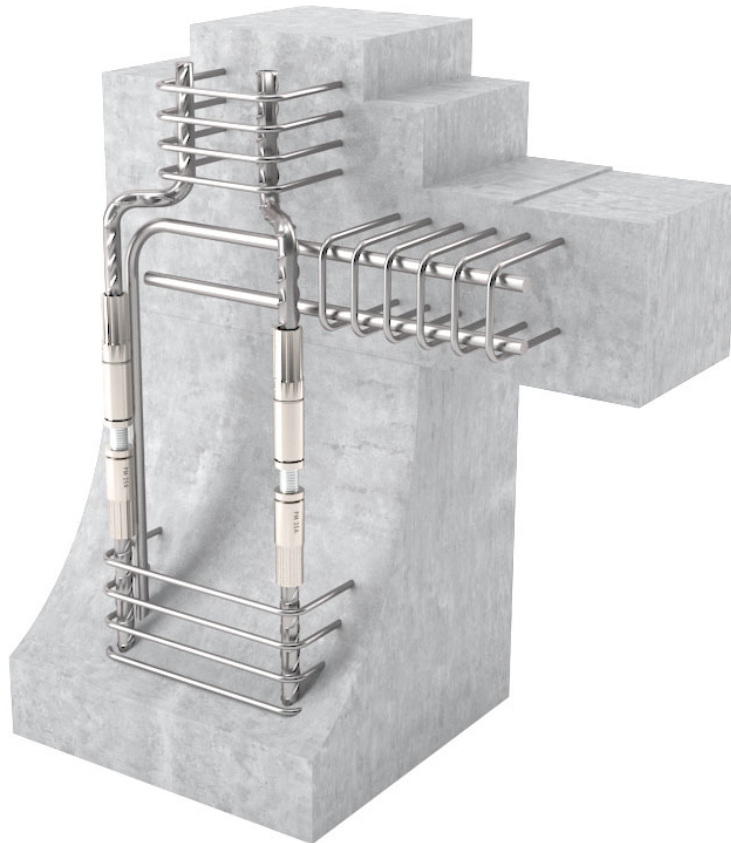
Example of a product code:



*Properties of reinforcement bars are described in detail in Annex A.

Application

MODIX PM Position Couplers are used when none of the bars can rotate or move (such as connections of bent bars or connections of two precast elements).

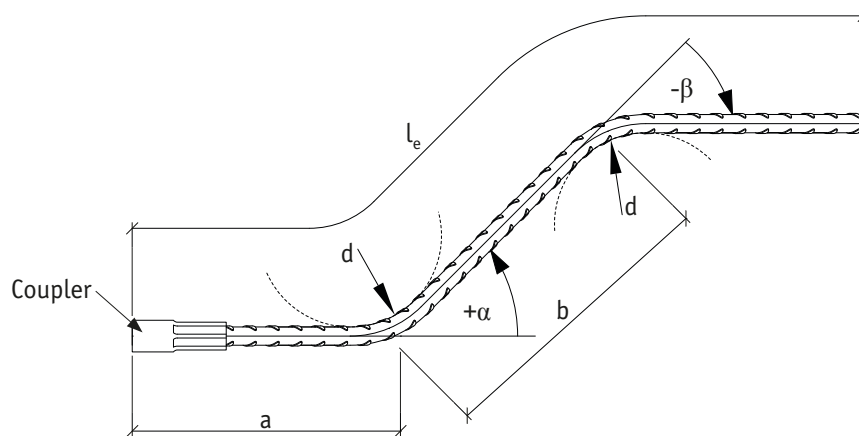
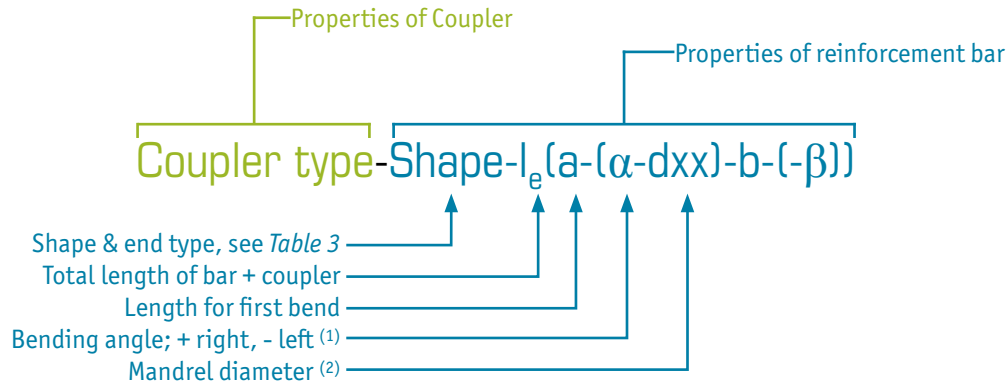


Annex A – Shape of reinforcement bars

Reinforcement bars connected with MODIX may be processed to the forms specified in *Table 3*. The geometry of the reinforcement bar must be specified in the product code or product shape list (*Table 2*) following the instructions below.

General product code principles

Single-sided:

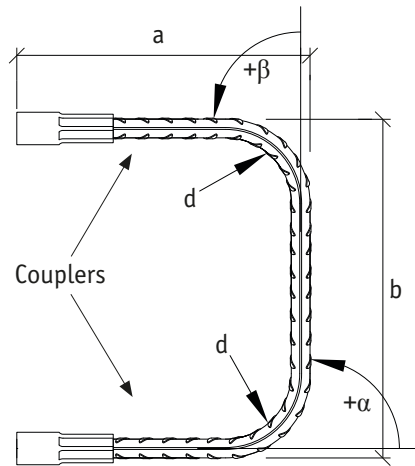
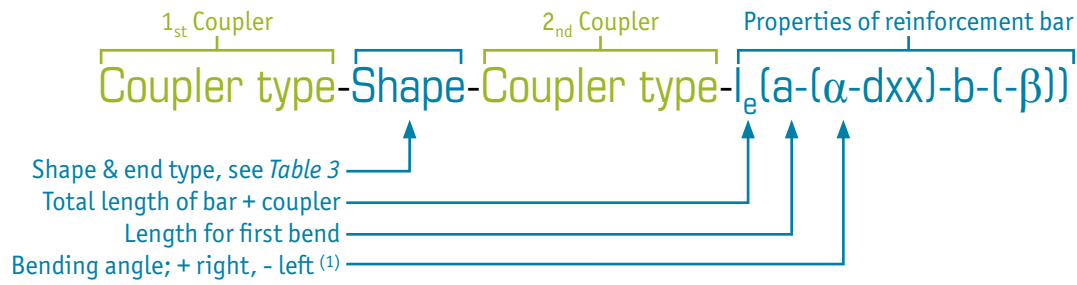


Example: SM25A-P26-1200(400-(45)-500-(-45))

⁽¹⁾ The bending angle must be defined in shapes 15, 25, 26 according to *Table 3*. Shapes 12, 13, 21 have standard bending angle $\Rightarrow 12, 21 = 90^\circ$; $13 = 180^\circ$

⁽²⁾ The mandrel diameter $\varnothing m$ must be defined only if the value is differ from the minimum requirements of EN 1992-1-1 8.3.

Double-sided:



Example : SM20A-D21-SM20A-1100(400-300)

⁽¹⁾ The Bending angle must be defined in shapes 15, 25, 26 according to Table 3.
Shapes 12, 13, 21 have standard bending angle $\Rightarrow 12, 21 = 90^\circ$; $13 = 180^\circ$

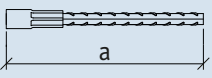
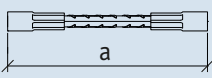
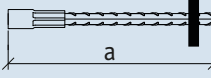
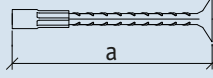
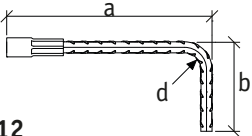
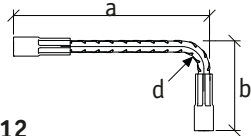
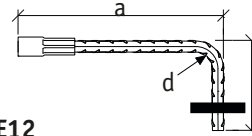
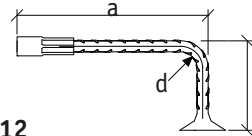
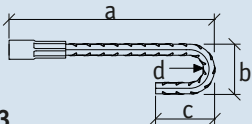
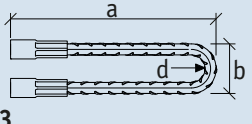
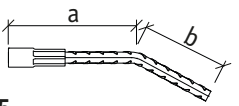
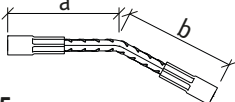
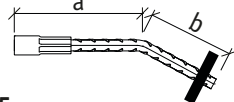
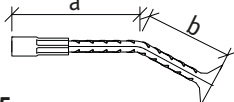
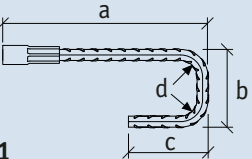
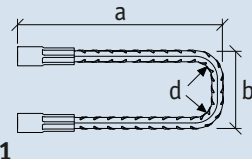
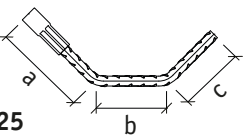
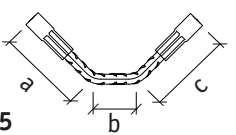
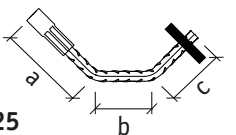
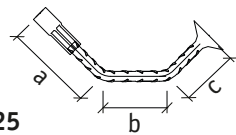
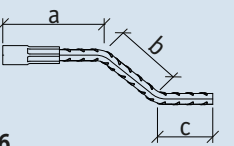
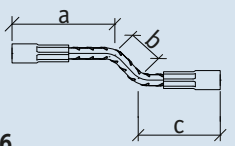
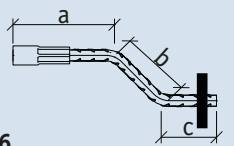
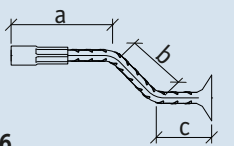
Table 2. MODIX Rebar Coupler list examples.

#	Pcs	MODIX		Bending shape + End type	Reinforcement bar			Dimensions					Notes ^(A)
		1 st end	2 nd end		Ø [mm]	Material	Standard	l_e [mm]	a [mm]	b [mm]	α [mm]	β [mm]	
1 ^(B)	38	SM25A	--	P26	25	B500B	EN 10080	1200	400	500	45	45	d200
2 ^(B)	5	SM20A	RM16A	D21	20	B500B	EN 10080	1100	400	300	90	90	--
3 ^(B)	30	SM 16A	--	E	16	B500B	EN 10080	800	--	--	--	--	10x50x50

^(A) Additional information can be specified, e.g. if the required mandrel diameter $\varnothing m$ differs from the standard values specified in Table 5 or custom dimensions of anchor plates are in group E

^(B) Examples

Table 3. MODIX rebar Product shape list.

P – Straight end	D – Double sided	E – End plate	L – Headed stud
			
P			
D			
E			
L			
Total length calculation: $l_e = a$ Example of product code: SM25A-E-1200			
			
P12	D12	E12	L12
Total length calculation: $l_e = a + b - \frac{1}{4}d - d_b$ Example of product code: SM25A-P12-1200(500)			
			
P13	D13		
Total length calculation: $l_e = a + 0.57b + c - 1.57d_b$ or $l_e = 2a + 0.57b - 1.57d_b$ Example of product code: SM25A-D13-SM25A-1200(500-300)			
			
P15	D15	E15	L15
Total length calculation: $l_e = a + b$ Example of product code: SM25A-E15-1000(500-(-30))			
			
P21	D21		
Total length calculation: $l_e = a + b + c - \frac{1}{2}d - 2d_b$ Example of product code: SM25A-P21-1500(700-600)			
			
P25	D25	E25	L25
Total length calculation: $l_e = a + b + c$ Example of product code: SM25A-L25-1500(700-(-45)-600-(-45))			
			
P26	D26	E26	L26
Total length calculation: $l_e = a + b + c$ Example of product code: SM25A-L26-1500(700-(-45)-600-(-45))			

NOTES

1. The letter in the code describes the MODIX rebar end type (P, D, E, L) and the numbers describe the rebar bending shape according to EN ISO 3766.
2. The product code of MODIX rebar with no bending does not contain a bending shape.
3. The standard end plate (default) dimensions are shown in *Table 4*. Customized end plates can be produced if all necessary dimensions are provided on the ordering list. For customized end plates, Peikko takes no responsibility for the end plate design.

Table 4. Standard dimensions for anchor plates (E product shape) and anchor heads (L product shape).

End plate – Product shape E		Anchor head – Product shape L								
Bar Ø	d_b [mm]	10	12	14	16	20	25	28	32	40
Product shape E (end plate)										
Thickness of end plate	t_p [mm]	10	12	15	20	20	25	30	35	40
Length of end plate	a_p [mm]	40	45	50	55	70	90	100	115	140
Width of end plate	b_p [mm]	40	45	50	55	70	90	100	115	140
Product shape L (anchor head)										
Diameter of anchor head	D_h [mm]	30	36	42	48	60	75	84	96	98

Table 5. Minimum dimensions of bended reinforcement bar in mm.










Bar Ø	10	12	14	16	20	25	28	32	40
Ø _{m,min}	4Ø	4Ø	4Ø	4Ø	7Ø	7Ø	7Ø	7Ø	7Ø
	40 mm	48 mm	56 mm	64 mm	140 mm	175 mm	196 mm	224 mm	280 mm
A	52	63	72	80	98	122	141	156	163
B	46	52	57	63	77	98	111	124	136
a _{min,A}	132	159	184	208	288	360	407	460	543
a _{min,B}	126	148	169	191	267	336	377	428	516
b _{min}	80	96	112	128	190	238	266	304	380
c _{min}	120	124	168	172	320	350	400	450	500

Minimum mandrel diameters Ø_{m,min} are according to EN 1992-1-1 chapter 8.3.

Installation of MODIX Rebar Coupler

Identification of the product

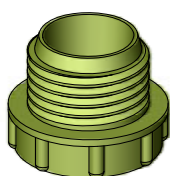
The type of MODIX Rebar Coupler can be identified by the marking on the product. Size of the Coupler can be identified also according to the color of the thread protection accessories. The color codes are shown in the table below.

Bar Ø [mm]	10	12	14	16	20	25	28	32	40
Color of thread protector	Orange	Yellow	Blue	White	Gray	Red	Black	Brown	Green
									

Thread protection accessories are installed at the MODIX production factory and delivered with couplers.



Screw-in protective plug



- Is screwed into coupler Part A
- Protects the thread from water, concrete, dust, and particles during the first pouring
- Is removed directly before fitting Part B or replaced by a nailing plate before being attached to the mold

Slip over protective cap



- Is slipped onto coupler Part B
- Protects the thread from water and dust during storage and transportation
- Is removed directly before assembling with Part A

Storage

To avoid corrosion and damage to MODIX Rebar Couplers, they should be stored in dry conditions and not directly exposed to water.

Quality of connection

General procedures to follow before and during assembly of MODIX Rebar Couplers:

1. Remove the thread protector from the MODIX part
2. Clean the thread properly
3. Check visually that the thread has no damage
4. Carefully align the counterparts to avoid damage to the first pitches
5. Carefully turn on the first pitches
6. Never use force to connect MODIX parts – correct use enables a screw connection to be made by hand
7. To reduce friction, a special lubrication spray or grease can be used
8. Proper tightening of the MODIX Rebar Coupler system is achieved when the ring gap on MODIX Part B and the distance sleeve are closed (see *Figure 2*). This can be achieved using a wrench (a torque wrench is not required). Excessive tightening (e.g. using a hammer) is prohibited. Connections can be checked by visual inspection.

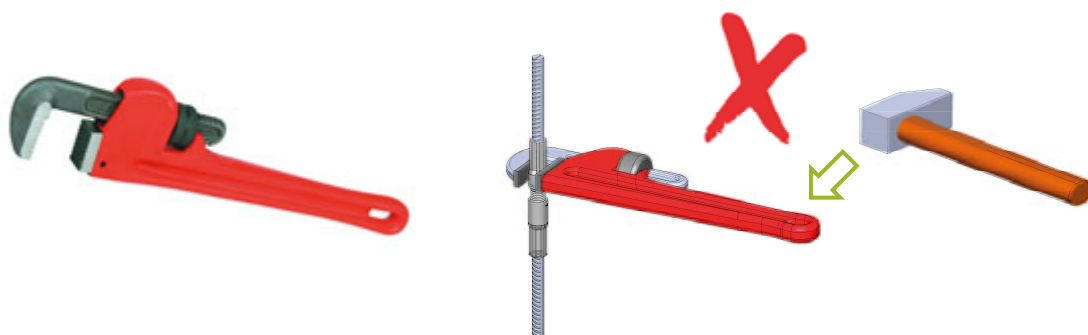
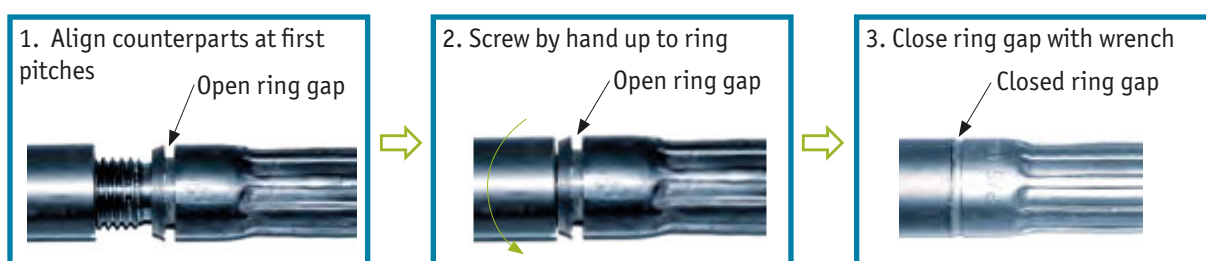


Figure 2. Correct connected MODIX counterpart (e.g. SMA or positioning sleeve) and Part B with closed ring gap.



- It is prohibited to weld on the SMA and SMB muff closer than $3\varnothing$ (three times diameter of reinforcement bar) to the swaging zone; fixation with wire is recommended instead.
- The torque moment should be controlled only when installation is done without a control ring gap (see MODIX EM and MODIX KM in the installation instructions). The values for torque moments are in Table 6.

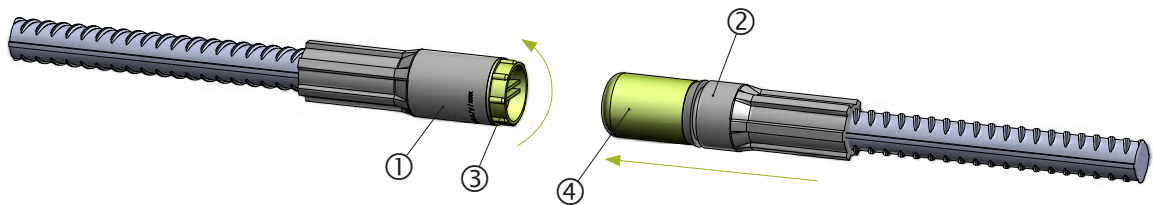
Table 6. Torque moment values.

Bar \varnothing	d_b [mm]	10	12	14	16	20	25	28	32	40
Torque moment	M_t [Nm]	50	50	80	120	180	270	270	300	350

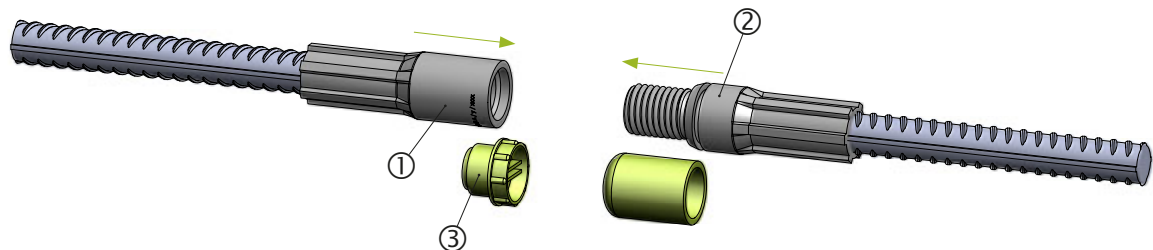
Modix connected inside of the concrete elements

MODIX SM and RM:

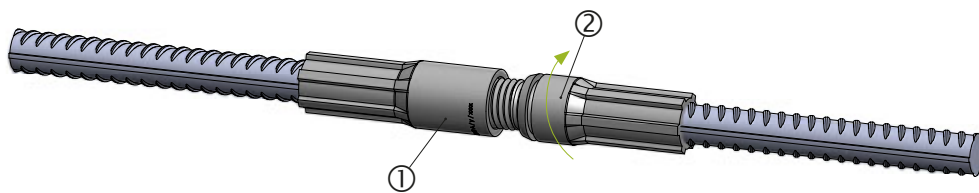
- 1.** Coupler Part A ① and coupler Part B ②, including the attached bar, are delivered with thread protectors ③ and ④.



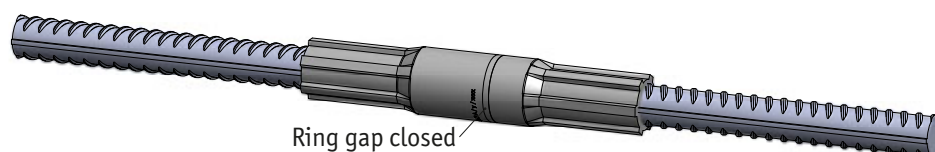
- 2.** Remove plugs from couplers directly before installation. Clean the thread properly. Visually check that the thread is not damaged. Carefully center the counterpart (SMB) to avoid causing damage to the first pitches.



- 3.** Coupler Part B ② is screwed onto coupler Part A ①. Carefully turn Part B ② on the first pitches into Coupler Part A ①. Never use force to connect coupler Part A ① and coupler Part B ②. Correct use enables a screw connection to be made by hand.

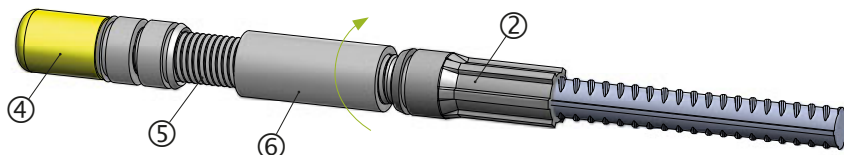


- 4.** It is tightened using a wrench until the ring gap is completely closed.

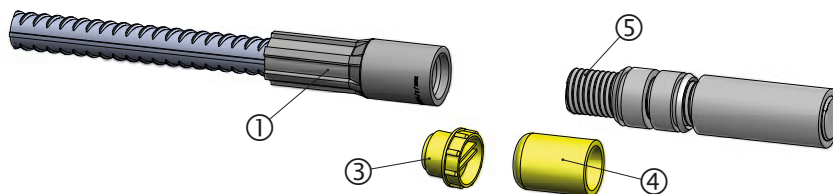


MODIX PM:

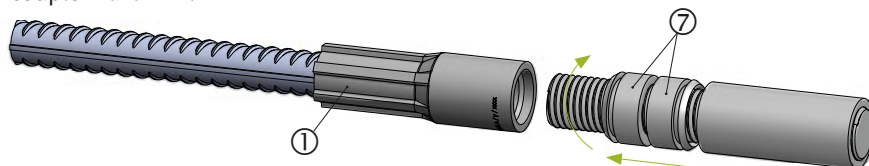
1. If the MODIX PM ⑤ and coupler Part B ②, including the attached bar, are delivered pre-assembled to the site, the positioning sleeve ⑥ must be screwed off the coupler Part B ②.



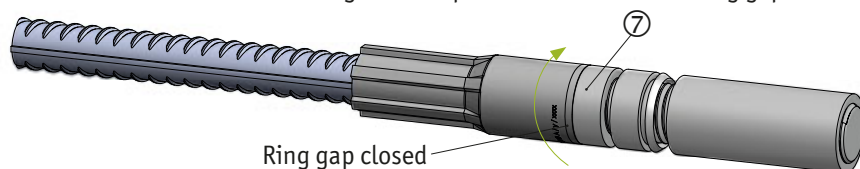
2. Remove the thread protective plug ③ from coupler Part A ① and the thread protective cap ④ from the MODIX PM ⑤.



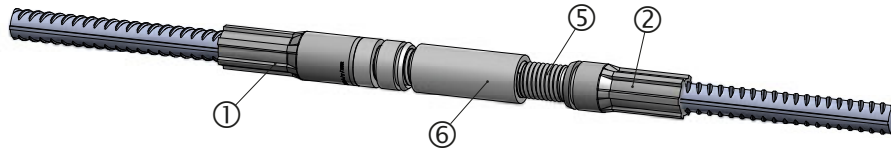
3. Clean all threads properly. Visually check that the thread is not damaged. Hand-tighten the threaded bar so it sits tightly in coupler Part A ①.



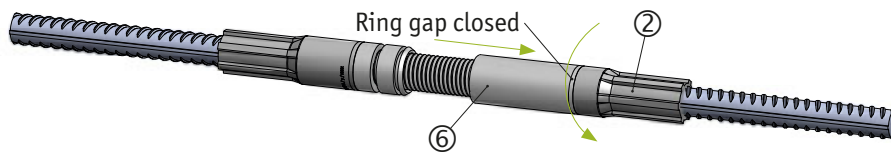
4. Tighten counter nut ⑦ of MODIX PM ⑤ against coupler Part A ① until the ring gap is closed.



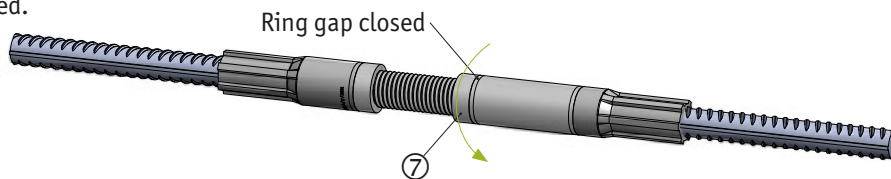
5. Align the thread of coupler Part B ②, including the attached reinforcing bar, with the threaded bar of the MODIX PM ⑤.



6. Turn the positioning sleeve ⑥ of the MODIX PM ⑤ over the threaded part of coupler Part B ② until the ring gap is closed.



7. The second counter nut ⑦ of the MODIX PM is then tightened against the positioning sleeve until the ring gap is closed.



NMB SPLICE-SLEEVE® SYSTEMS



**REVISED
2017**



The Paramount Tower, San Francisco

Over 30 Million Sold World-Wide



Splice Sleeve North America, Inc.



NMB

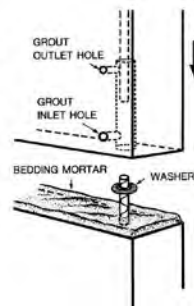
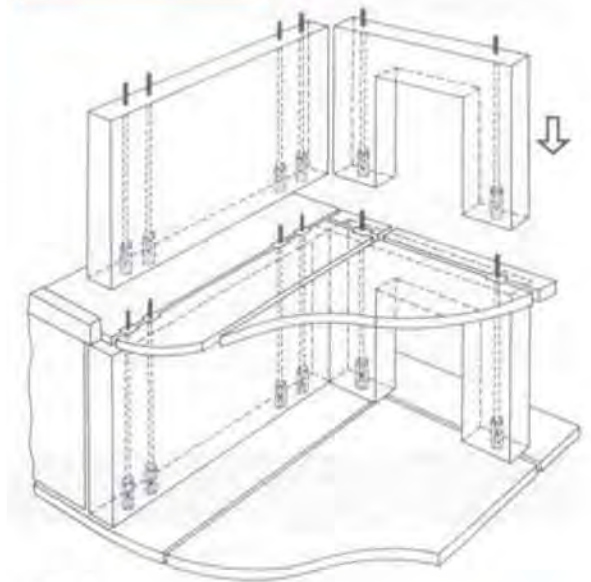
SPLICE-

The **NMB SPLICE-SLEEVE®** is an efficient coupler for splicing reinforcing bars which uses a cylindrical-shaped steel sleeve interior of which is filled with **SS MORTAR®** grout a cementitious, non-metallic, non-shrink high-early-strength grout. Reinforcing bars to be spliced are inserted into the sleeve to meet approximately at the center of the sleeve. The resulting splices will develop tensile and compressive strengths in excess of the specified minimum for ASTM Grade 60 bars conforming to the ACI Building Code Requirements for both Type 1 and Type 2 conditions.

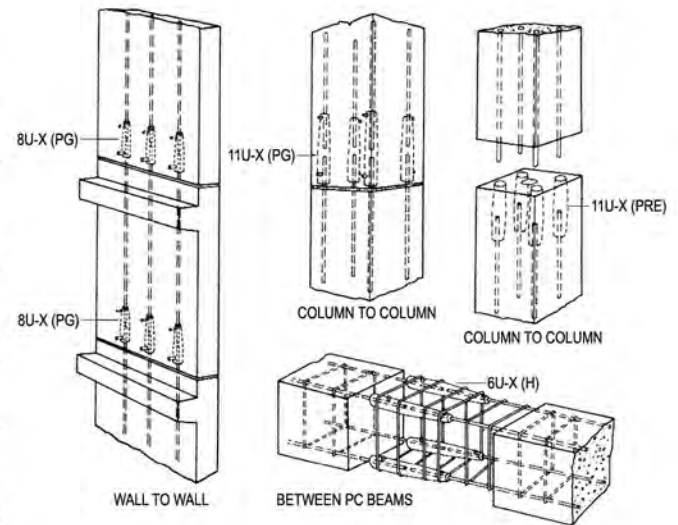
The **NMB SPLICE-SLEEVE® SYSTEM** is a proven method for connecting precast reinforced concrete structural members. At the precast plant, the sleeves are embedded precast element on one end of the main reinforcing bars to be connected. The bars protrude from the other end of the precast member. At the building site, the precast members are joined by inserting the protruding bars from the end of one precast member into the sleeves of the adjacent member. The sleeves are then grouted, in effect making the reinforcing bars continuous through the connection.

This is called "Emulation" and the **NMB** is categorized as an emulative connection for precast systems. (Refer to ACI 550.1R-09 for more information).

Patented Worldwide



The NMB SPLICE-SLEEVE® is particularly appropriate for use in joining vertical precast concrete structural elements (columns and shearwalls). This is because the sleeve can be embedded completely in the precast elements at the manufacturing yard and when the elements are joined in the erection process, there is no need to make a closure pour or to perform other cosmetic patching after the bars are joined. This is sometimes referred to as a “blind” connection. When used in cast-in-place situations, the NMB SPLICE-SLEEVE performs the same function as other mechanical rebar splicing devices, basically that of extending the rebar length.



APPLICATIONS

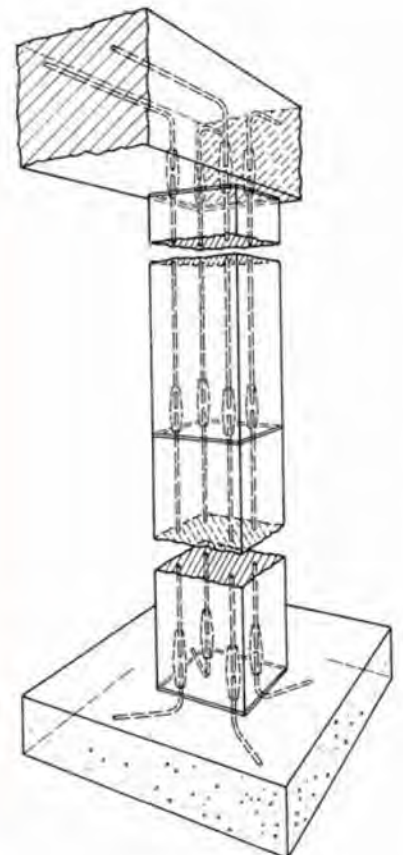
NMB SPLICE-SLEEVES have been used in a number of different applications both in cast-in-place and precast concrete structures.

Precast Concrete Connections:

- Column-to-column
- Column-to-beam
- Column-to-foundation
- Beam-to-beam
- Shear wall to shear wall
- Shear wall to foundation
- Elevator and stair cores
- Airport control towers
- Bridge piers and Pier caps
- Caissons
- Large diameter hollow columns

Cast-in-place Concrete Structures:

- Connections of prefabricated column reinforcing cages
- Connections of new bars to old in vertical and horizontal rehabilitation work
- Stress relief joints in post-tensioned cast-in-place floor slabs

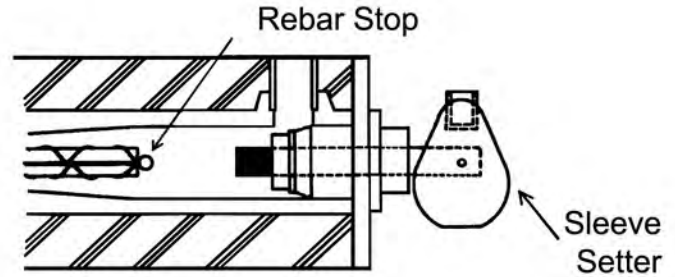




NMB SPLICE-

NMB SPLICE-SLEEVES are installed and held firmly in place in the forms during concrete pouring by means of a Sleeve Setter featuring a fast-acting cam operated locking device.

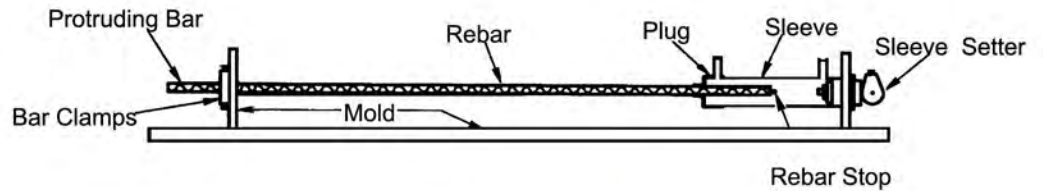
The NMB SPLICE-SLEEVE has an integral Rebar Stop in the mid-portion which assures the specified embedment of the rebar into the sleeve and an optional setscrew to hold the bar in the narrow end.



The uniform exterior dimension of the sleeve permits use of stirrups or hoops of the same size throughout the length of the sleeve.

No special treatment such as threading of rebar ends is required.

NMB SPLICE-SLEEVE can connect bars of the same size or up to two sizes smaller than the sleeve size.



The NMB can be epoxy coated and used to connect epoxy coated bars without removing the coating.





8 Day Bridge – Epping, NH



Salt Lake City – Front Runner Railway



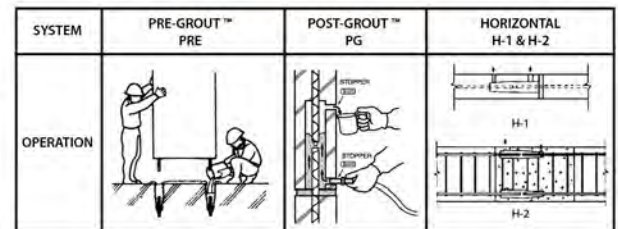
F35 Training Facility ATCT

ERECTION

During erection, precast concrete elements are set into position one of three ways (see diagrams). The rebar dowels projecting from either the foundation or opposite piece are inserted into **NMB Splice-Sleeves** embedded in the precast element. The wide (field) end of the sleeves is designed larger than the rebar to provide tolerance to accommodate bar misalignment. The sleeve also allows tolerance with inserted rebar length (see chart on Page 5).

If needed, additional tolerance can be gained by “Upsizing” to a bigger sleeve. This can be one or two sizes (max.) bigger than the rebar. Similar to Upsizing, different rebar sizes can be “Transition Spliced” in the **NMB Splice-Sleeve** (for details see User’s Manual). These abilities allow all bars to be quickly mated and grouted simultaneously, saving crane time and speeding erection.

The precast elements are temporarily braced while the grout cures sufficiently in the sleeves. Typically EORs specify 4,000 psi which is comfortably above a yield strength connection. This is achieved in less than 24 hours at 68°F (see chart above), contributing to rapid construction.



SS Mortar® (Grout) - Compressive Strength Time vs Temperature

Curing Temp	Compressive Strength (psi)					
	12 hr	18 hr	1 day	3 days	7 days	28 days
41°F 5°C	---	834	1,869	5,823	8,871	13,860
50°F 10°C	410	1,869	2,905	6,858	9,907	14,895
68°F 20°C	1,869	3,328	4,364	8,317	11,366	16,354
86°F 30°C	2,905	4,364	5,399	9,352	12,401	17,389
104°F 40°C	3,708	5,167	6,202	10,155	13,204	18,192

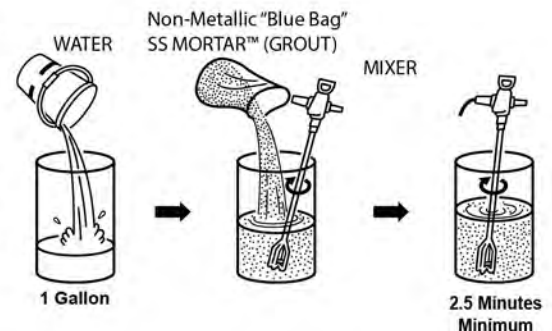
Calculated strength — calculated from the formula $(24.758 \ln x \text{ Cumulative Temperature}) - 54.183$

GROUTING

For PRE-GROUT applications, the SS MORTAR grout is simply poured into the sleeve and consolidated before the next precast member is set in position.

For POST-GROUT and HORIZONTAL applications, the grout is pumped into the sleeve by means of a hand-operated pump. With both these systems, grouting operations can be performed after bracing and do not interfere with erection progress.

In total, **NMB SPLICE-SLEEVE** contributes to speed of construction.





NMB

SPLICE

NMB SPLICE-SLEEVE

Steel Specification: The material properties of the NMB Splice Sleeve® iron castings conform to proprietary specification based on ASTM A536-84. The Models 5U-X and 6U-X satisfy the ASTM A536 Grade 65-45-12 [minimum yield and tensile strength of 65,000 and 45,000 psi respectively], Model 7U-X through Model 14U-X, Model A11W, and Model SNX11 satisfy ASTM A536 [Grade 80-55-06] with a Grade of 85-60-06 [minimum yield and tensile strength of 85,000 and 60,000 psi respectively].

Grout Specification: The grout used in the NMB must be non-metallic, "SS Mortar®". Minimum grout strength requirements for ASTM A615 Grade 60 rebars:

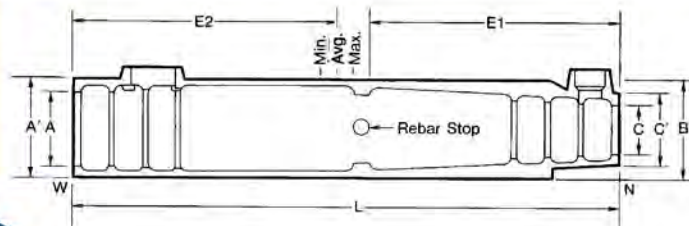
Type 2 (ACI)*	(100% Fu = 150% Fy = 90 ksi)	9,500 psi
Type 1 & AASHTO	(125% Fy = 75 ksi)	6,500 psi
Yield Strength	(100% Fy = 60 ksi)	4,000 psi

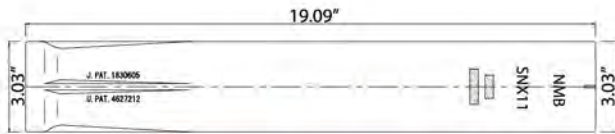
NOTE: to allow for variations in curing, typically cube breaks of 4,000-psi are specified by the EOR for removal of bracing and continued erection.

*Note that for ASTM A706 Grade 60 rebars, 100% of specified tensile equals 133% of specified yield.

DIMENSIONS OF NMB SPLICE-SLEEVES*											RECOMMENDED REBAR EMBEDMENT LENGTH					
Sleeve No.	Bar Diameter	ASTM Bar Size		Sleeve Length (L) inch (mm)	Narrow End Diameter		Max. Dia. (B) inch (mm)	Wide End Diameter			Factory Dowel (E1)		Field Dowel (E2)			SS Mortar lbs. per Sleeve (kg)
		U.S.	Metric		I.D. (C) inch (mm)	O.D. (C') inch (mm)		I.D. (A) inch (mm)	Total Tolerance inch (mm)	O.D. (A') inch (mm)	inch (mm)		inch (mm)			
											Min.	Max.	Min.	Avg.	Max.	
5U-X	0.625	#5	16 MM	9.65 (245)	0.87 (22)	1.50 (38)	1.81 (46)	1.26 (32)	0.63 (16)	1.89 (48)	4.13 (105)	4.33 (110)	4.13 (105)	4.53 (115)	4.92 (125)	1.26 (0.57)
6U-X	0.750	#6	20 MM	11.22 (285)	1.02 (26)	1.65 (42)	1.97 (50)	1.42 (36)	0.67 (17)	2.05 (52)	4.92 (125)	5.12 (130)	4.92 (125)	5.32 (135)	5.71 (145)	1.76 (0.80)
7U-X	0.875	#7	22 MM	12.80 (325)	1.14 (29)	1.77 (45)	2.28 (58)	1.73 (44)	0.86 (22)	2.36 (60)	5.71 (145)	5.91 (150)	5.71 (145)	6.11 (155)	6.50 (165)	2.65 (1.20)
8U-X	1.000	#8	25 MM	14.57 (370)	1.30 (33)	1.93 (49)	2.48 (63)	1.89 (48)	0.89 (23)	2.52 (64)	6.50 (165)	6.69 (170)	6.50 (165)	6.99 (178)	7.48 (190)	3.46 (1.57)
9U-X	1.128	#9	28 MM	16.34 (415)	1.42 (36)	2.06 (52)	2.60 (66)	2.01 (51)	0.89 (23)	2.67 (68)	7.40 (188)	7.56 (192)	7.40 (188)	7.88 (200)	8.35 (212)	3.95 (1.79)
10U-X	1.270	#10	32 MM	17.91 (455)	1.57 (40)	2.28 (58)	2.80 (71)	2.16 (55)	0.89 (23)	2.87 (73)	8.19 (208)	8.35 (212)	8.19 (208)	8.66 (220)	9.13 (232)	4.94 (2.24)
11U-X	1.410	#11	35 MM	19.49 (495)	1.73 (44)	2.40 (61)	3.03 (77)	2.32 (59)	0.91 (23)	3.03 (77)	8.98 (228)	9.13 (232)	8.98 (228)	9.45 (240)	9.92 (252)	6.02 (2.73)
SNX11	1.410	#11	35 MM	19.09 (485)	1.69 (43)	3.03 (77)	3.03 (77)	2.32 (59)	0.91 (23)	3.03 (77)	8.86 (225)	9.25 (235)	8.27 (210)	8.86 (225)	9.45 (240)	6.99 (3.17)
A11W	1.410	#11	35 MM	19.49 (495)	1.73 (44)	3.31 (84)	3.30 (84)	2.60 (66)	1.19 (30)	3.30 (84)	8.86 (225)	9.69 (246)	8.27 (210)	8.96 (228)	9.50 (241)	7.74 (3.52)
14U-X	1.693	#14	40 MM	24.41 (620)	2.01 (51)	2.80 (71)	3.46 (88)	2.60 (66)	0.91 (23)	3.46 (88)	11.42 (290)	11.61 (295)	11.42 (290)	11.91 (303)	12.40 (315)	9.19 (4.17)
18U	2.257	#18	57 MM	36.22 (920)	2.68 (68)	3.66 (93)	4.72 (120)	3.27 (83)	1.01 (26)	4.25 (108)	17.00 (432)	18.11 (460)	17.00 (432)	17.56 (446)	18.11 (460)	25.31 (11.48)

**The minimum embedment length for the bars using a larger size sleeve must follow the requirements for the sleeve size, not the bar size. For example, for a #9 bar with #11U-X sleeve, the embedment length must be based upon 11U-X, i.e. the maximum factory dowel (E1) is 9.13"; the maximum field dowel (E2) is 9.92".

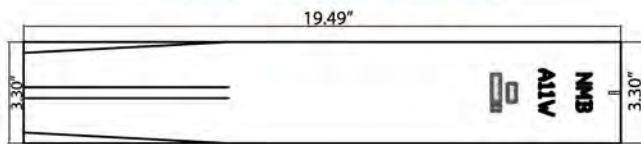




SNX11

- US PVC grout tubes
3/4" inlet & 1/2" outlet
- Screw in Rubber Plugs
- 9/11 RP for upsizing
- More Tolerance

NEW PRODUCTS!



A11W



How to specify NMB SPLICE-SLEEVES:

SPECIFIC: Show sleeve size and grouting system.

Examples: NMB SPLICE SLEEVE 8U-X(PG), 11U-X (PRE) from Splice Sleeve North America, Inc. Livonia, Michigan.

GENERIC: Mechanical rebar splices by means of grout-filled steel sleeves with frusto-conical geometry into which a non-shrink, high-strength grout is introduced using a low pressure pump, the splice to meet the TYPE 1 or 2 requirements of ACI 318.

AASHTO:

The NMB SPLICE-SLEEVE exceeds the requirements (min. 125%F_y) of the AASHTO, Standard Specification for Highway Bridges, Division I- Design, Section 8.32.2. This article sets down requirements for fatigue design of mechanical connections. The NMB is listed generically as the "Grout-filled sleeve (without threaded ends), with or without epoxy coated rebar", which gains the 18-ksi stress category (highest) under 5 million cycle testing per NCHRP 10-35 methodology.

APPROVAL AND RECOGNITION

- ESR-3433: ICC Evaluation Service, Inc.
- New York State Department of Transportation
- Various U.S. State Department of Transportation
- New York City Board of Standards and Appeals, Calendar No. 329-89-SM
- City of Los Angeles, Departments of Building and Safety, Research Report

BROCHURE

THE PRECAST CONCRETE MANUFACTURER



Innovation and Trust



PC PILES

DESCRIPTION

Type of Piles	Prestressed Concrete Square Piles Prestressed Concrete Spun Piles Prestressed Concrete Spun Square Piles Prestressed Concrete Triangular Piles
System of Joints	Welded at steel joint plate
Type of Shoe	Concrete Pencil Shoe (Standard) for PC Spun Piles, Spun Square Pile & Square Piles Mamira Shoe (Special Order) for PC Spun Pile
Method of Driving	Dynamic Pile Driving : Diesel Hammer and Hydraulic Hammer Static Pile Driving : Hydraulic Static Pile Driver (Jacking Pile)

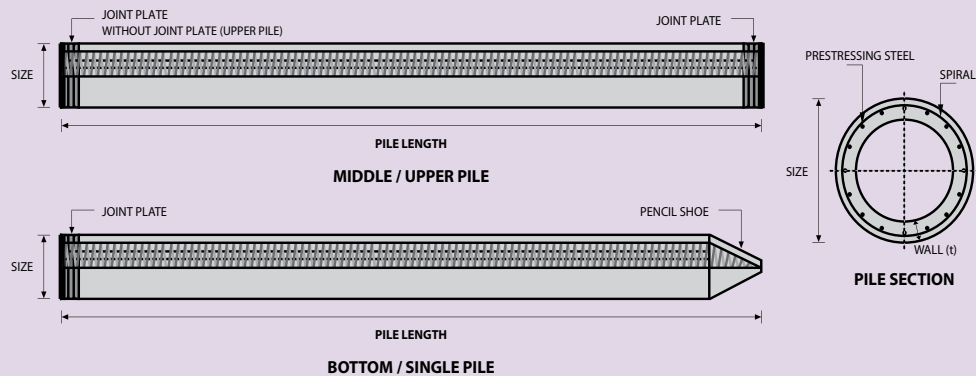
DESIGN & MANUFACTURING REFERENCE

Design	ACI 543R	Design, Manufactured and Installation of Concrete Piles Chapter-4 Structural design requirement for piles with no seismic loading (In case pile is consider to seismic loading, piles detail should re-design refer to ACI 543R Chapter-5)
	SNI 2847 - 2013	Indonesian Standard Code for Concrete
Manufacturing	WB - PRD - PS - 16	Production Manufacturing Procedure

MATERIAL SPECIFICATION

ITEM	REFERENCE	DESCRIPTION	SPECIFICATION
Aggregate	ASTM C 33 / C 33M-11a	Standard Specification for Concrete Aggregates	
Cement	SNI 2049 - 2015	Portland Cement	Standard Product Type I Special Order : Type II or V
Admixture	ASTM C 494 / C 494M - 99a	Standard Specification for Chemical Admixture for Concrete	Type F : High Range Water Reducing Admixture
Concrete	SNI 2834 - 2000 SNI 2493 - 2011	Concrete Mix Design Making and Curing Concrete Sample	
PC Strand	ASTM A 416 / A 416M - 99	Standard Specification for Steel Strand, Uncoated Seven-Wire for Prestressed Concrete	Grade 270 (Low Relaxation Type)
PC Wire	JIS G 3536 - 2014	Uncoated Stress-Relieved Steel Wires and Strands for Prestressed Concrete	SWPD1 (Deformed Wire Type)
PC Bar	JIS G 3137 - 2008	Small Size-Deformed Steel Bars for Prestressed Concrete	Grade D - Class 1 - SBPD 1275/1420
Rebar	SNI 2052 - 2014	Reinforcement Steel for Concrete	Steel Class : BjTS 40 (Deformed) Steel Class : BjTP 24 (Round)
Spiral Wire	JIS G 3532 - 2011	Low Carbon Steel Wires	SWM-P (Round Type) Cold-reduced steel wire for the reinforcement of concrete and the manufacture of welded fabric.
Joint Plate	JIS G 3101 - 2004	Rolled Steels for General Structure	SS400 (Tensile Strength 400 N/mm2) Applicable steel product for steel plates and sheets, steel strip in coil, sections, flats and bars.
Welding	ANSI / AWS D1.1 - 900	Structural Welding Code Steel	AWS A5.1/E6013 NIKKO STEEL RB 26 / RD 260, LION 26, or equivalent.

PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES



PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength $f_c' = 52 \text{ MPa}$ (Cube 600 kg/cm^2)

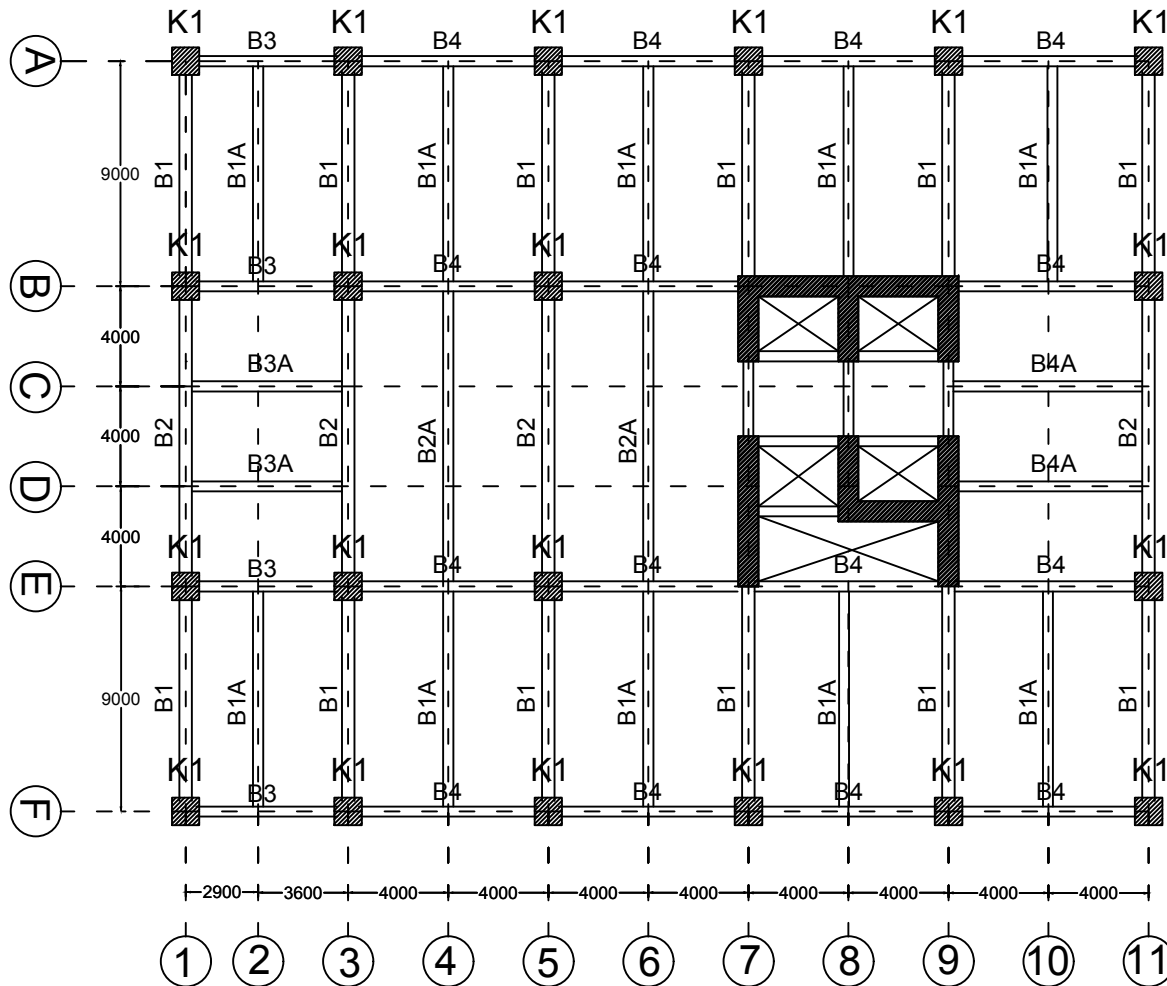
Size (mm)	Thickness Wall (t)	Cross Section (cm^2)	Section Inertia (cm^4)	Unit Weight (kg/m)	Class	Bending Moment		Allowable Compression (ton)	Decompression Tension (ton)	Length of Pile ** (m)
						Crack *	Break			
300	60	452.39	34,607.78	113	A2	2.50	3.75	72.60	23.11	6 - 12
					A3	3.00	4.50	70.75	29.86	6 - 13
					B	3.50	6.30	67.50	41.96	6 - 14
					C	4.00	8.00	65.40	49.66	6 - 15
350	65	581.98	62,162.74	145	A1	3.50	5.25	93.10	30.74	6 - 13
					A3	4.20	6.30	89.50	37.50	6 - 14
					B	5.00	9.00	86.40	49.93	6 - 15
					C	6.00	12.00	85.00	60.87	6 - 16
400	75	765.76	106,488.95	191	A2	5.50	8.25	121.10	38.62	6 - 14
					A3	6.50	9.75	117.60	45.51	6 - 15
					B	7.50	13.50	114.40	70.27	6 - 16
					C	9.00	18.00	111.50	80.94	6 - 17
450	80	929.91	166,570.38	232	A1	7.50	11.25	149.50	39.28	6 - 14
					A2	8.50	12.75	145.80	53.39	6 - 15
					A3	10.00	15.00	143.80	66.57	6 - 16
					B	11.00	19.80	139.10	78.84	6 - 17
					C	12.50	25.00	134.90	100.45	6 - 18
500	90	1,159.25	255,324.30	290	A1	10.50	15.75	185.30	54.56	6 - 15
					A2	12.50	18.75	181.70	68.49	6 - 16
					A3	14.00	21.00	178.20	88.00	6 - 17
					B	15.00	27.00	174.90	94.13	6 - 18
					C	17.00	34.00	169.00	122.04	6 - 19
600	100	1,570.80	510,508.81	393	A1	17.00	25.50	252.70	70.52	6 - 16
					A2	19.00	28.50	249.00	77.68	6 - 17
					A3	22.00	33.00	243.20	104.94	6 - 18
					B	25.00	45.00	238.30	131.10	6 - 19
					C	29.00	58.00	229.50	163.67	6 - 20
800	120	2,563.54	1,527,869.60	641	A1	40.00	60.00	415.00	119.34	6 - 20
					A2	46.00	69.00	406.10	151.02	6 - 21
					A3	51.00	76.50	399.17	171.18	6 - 22
					B	55.00	99.00	388.61	215.80	6 - 23
					C	65.00	130.00	368.17	290.82	6 - 24
1000 ***	140	3,782.48	3,589,571.20	946	A1	75.00	112.50	613.52	169.81	6 - 22
					A2	82.00	123.00	601.27	215.16	6 - 23
					A3	93.00	139.50	589.66	258.19	6 - 24
					B	105.00	189.00	575.33	311.26	6 - 24
					C	120.00	240.00	555.23	385.70	6 - 24
1200 ***	150	4,948.01	6,958,136.85	1,237	A1	120.00	180.00	802.80	221.30	6 - 24
					A2	130.00	195.00	794.50	252.10	6 - 24
					A3	145.00	217.50	778.60	311.00	6 - 24
					B	170.00	306.00	751.90	409.60	6 - 24
					C	200.00	400.00	721.50	522.20	6 - 24


Unit Conversion : 1 ton = 9.8060 kN

Note : *) Crack Moment Based on JIS A 5335-1987 (Prestressed Spun Concrete Piles)

**) Length of pile may exceed usual standard whenever lifted in certain position

**) Type of Shoe for Bottom Pile is Mamira Shoe



 Denah Lantai 1, 3-5
 Skala 1 : 300

Rencana Dimensi Kolom		
No.	Type	Dimensi Kolom
1.	K1	1100 x 1100 mm
Rencana Dimensi Balok		
No.	Type	Dimensi Balok
1.	B1	500 x 750 mm
2.	B2	500 x 750 mm
3.	B3	400 x 700 mm
4.	B4	400 x 700 mm
5.	B1A	400 x 550 mm
6.	B2A	400 x 550 mm
7.	B3A	400 x 550 mm
8.	B4A	400 x 550 mm



DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio, ST. MT. Ph.D
 Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
 GEDUNG HOTEL SWISS-BELINN
 DENGAN METODE BETON PRACETAK
 MENGGUNAKAN SAMBUNGAN BASAH
 BERDASARKAN STANDARD ACI 318M-14

NAMA MAHASISWA

IQBAL ALBANA AKBAR

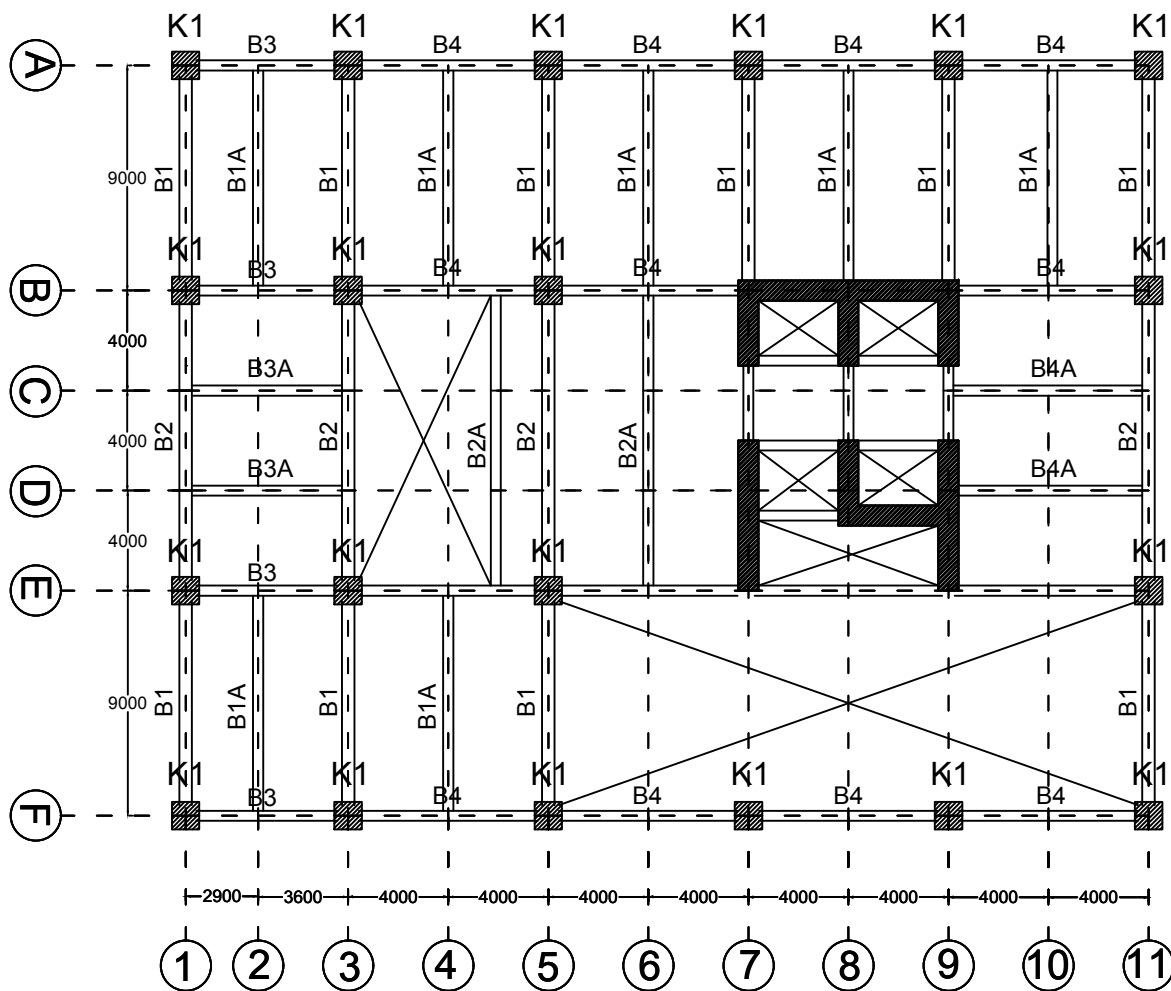
NRP

03111440000015

JUDUL GAMBAR

Denah Lantai 1, 3-5

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
1	1 : 300	STR



Rencana Dimensi Kolom		
No.	Type	Dimensi Kolom
1.	K1	1100 x 1100 mm
Rencana Dimensi Balok		
No.	Type	Dimensi Balok
1.	B1	500 x 750 mm
2.	B2	500 x 750 mm
3.	B3	400 x 700 mm
4.	B4	400 x 700 mm
5.	B1A	400 x 550 mm
6.	B2A	400 x 550 mm
7.	B3A	400 x 550 mm
8.	B4A	400 x 550 mm



DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio, ST. MT. Ph.D
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG HOTEL SWISS-BELINN
DENGAN METODE BETON PRACETAK
MENGUNAKAN SAMBUNGAN BASAH
BERDASARKAN STANDARD ACI 318M-14

NAMA MAHASISWA

IQBAL ALBANA AKBAR

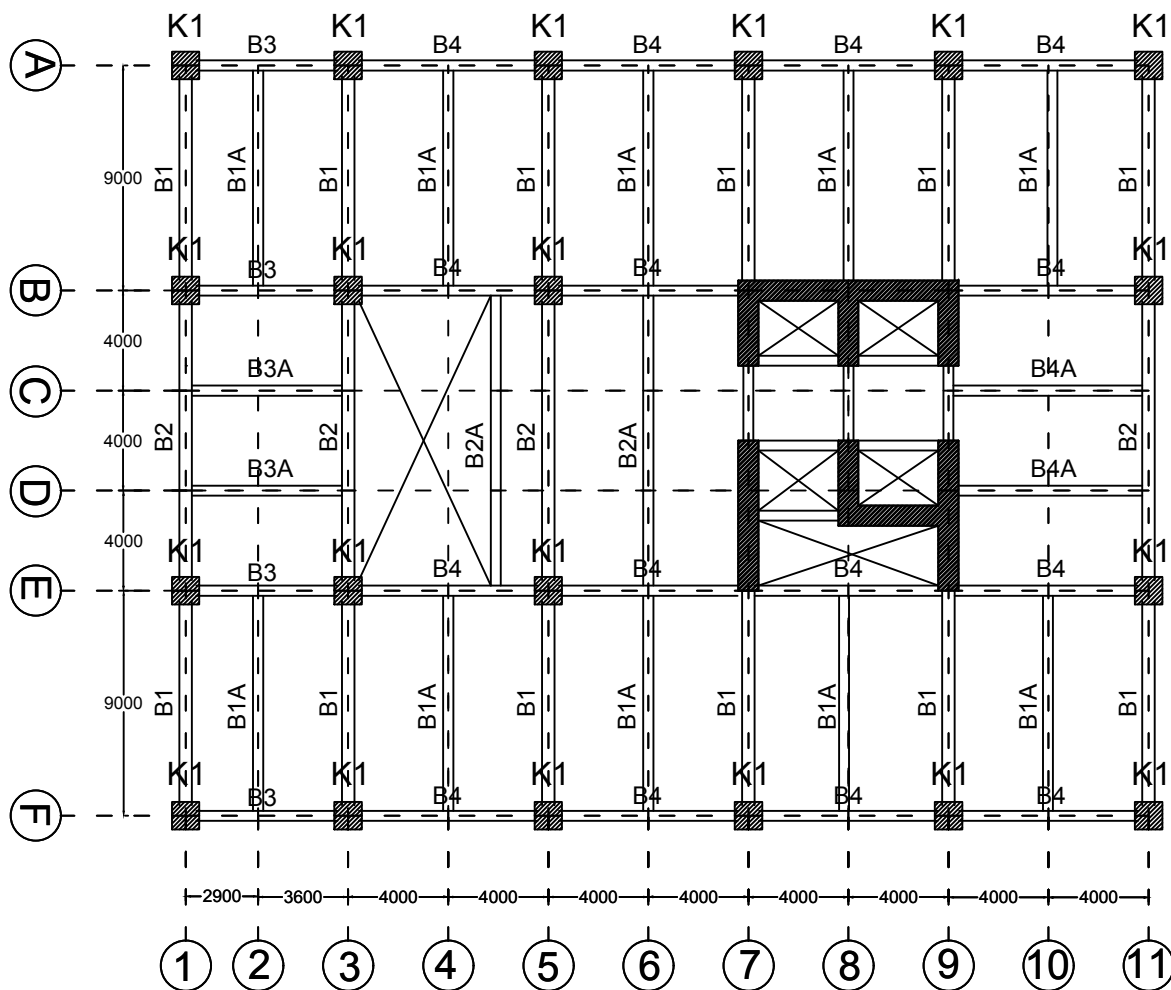
NRP


03111440000015

JUDUL GAMBAR

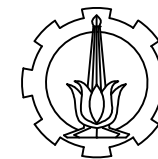
Denah Lantai Mezzanine

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
2	1 : 300	STR



 Denah Balok Lantai 2
Skala 1 : 300

Rencana Dimensi Kolom		
No.	Type	Dimensi Kolom
1.	K1	1100 x 1100 mm
Rencana Dimensi Balok		
No.	Type	Dimensi Balok
1.	B1	500 x 750 mm
2.	B2	500 x 750 mm
3.	B3	400 x 700 mm
4.	B4	400 x 700 mm
5.	B1A	400 x 550 mm
6.	B2A	400 x 550 mm
7.	B3A	400 x 550 mm
8.	B4A	400 x 550 mm



DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio, ST. MT. Ph.D
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG HOTEL SWISS-BELINN
DENGAN METODE BETON PRACETAK
MENGUNAKAN SAMBUNGAN BASAH
BERDASARKAN STANDARD ACI 318M-14

NAMA MAHASISWA

IQBAL ALBANA AKBAR

NRP

03111440000015

JUDUL GAMBAR

Denah Lantai 2

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
3	1 : 300	STR



DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio, ST. MT. Ph.D
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG HOTEL SWISS-BELINN
DENGAN METODE BETON PRACETAK
MENGUNAKAN SAMBUNGAN BASAH
BERDASARKAN STANDARD ACI 318M-14

NAMA MAHASISWA

IQBAL ALBANA AKBAR

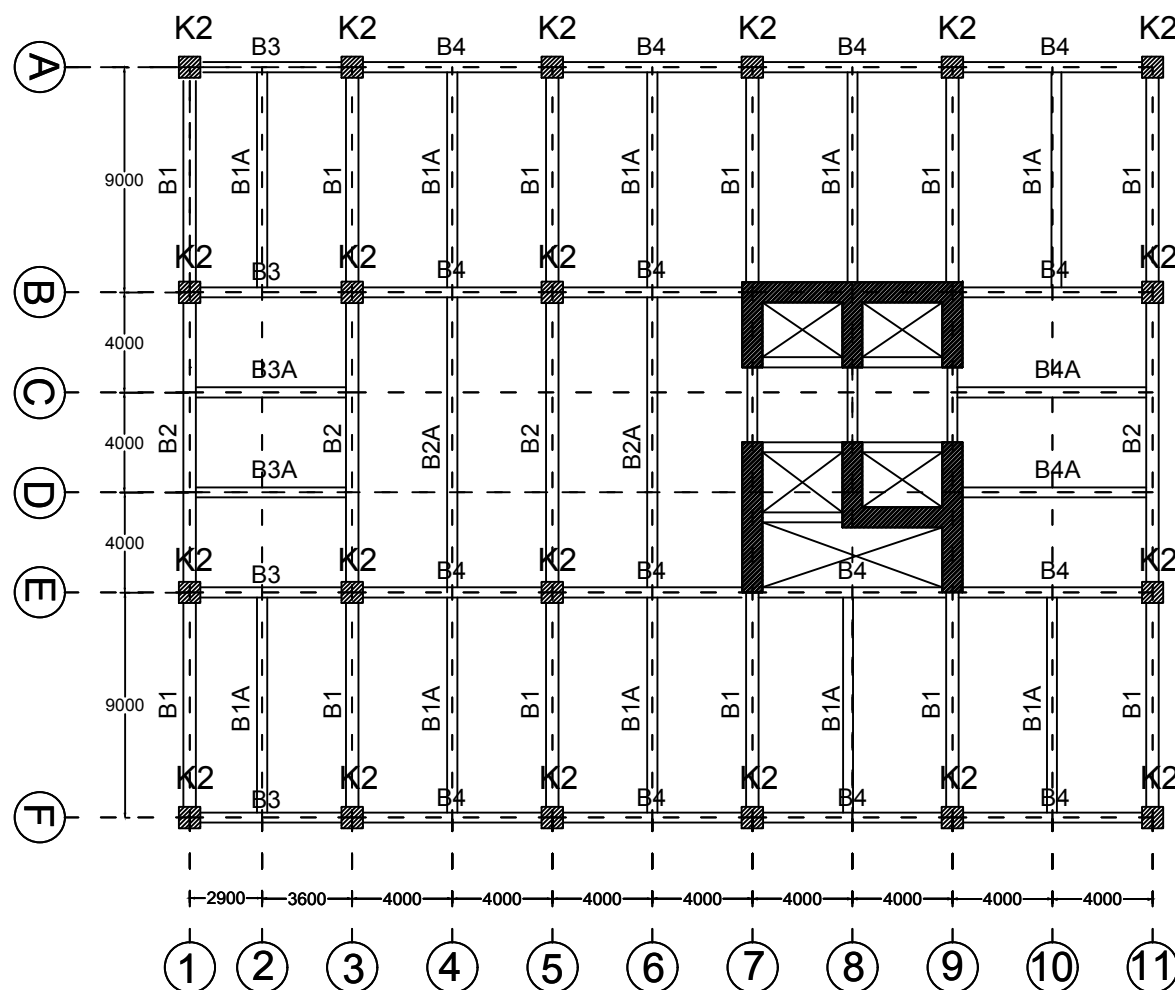
NRP


03111440000015

JUDUL GAMBAR

Denah Lantai 6 - 10

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
4	1 : 300	STR



 Denah Lantai 6 - 10
Skala 1 : 300

Rencana Dimensi Kolom		
No.	Type	Dimensi Kolom
1.	K2	850 x 850 mm
Rencana Dimensi Balok		
No.	Type	Dimensi Balok
1.	B1	500 x 750 mm
2.	B2	500 x 750 mm
3.	B3	400 x 700 mm
4.	B4	400 x 700 mm
5.	B1A	400 x 550 mm
6.	B2A	400 x 550 mm
7.	B3A	400 x 550 mm
8.	B4A	400 x 550 mm



DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio, ST. MT. Ph.D
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG HOTEL SWISS-BELINN
DENGAN METODE BETON PRACETAK
MENGUNAKAN SAMBUNGAN BASAH
BERDASARKAN STANDARD ACI 318M-14

NAMA MAHASISWA

IQBAL ALBANA AKBAR

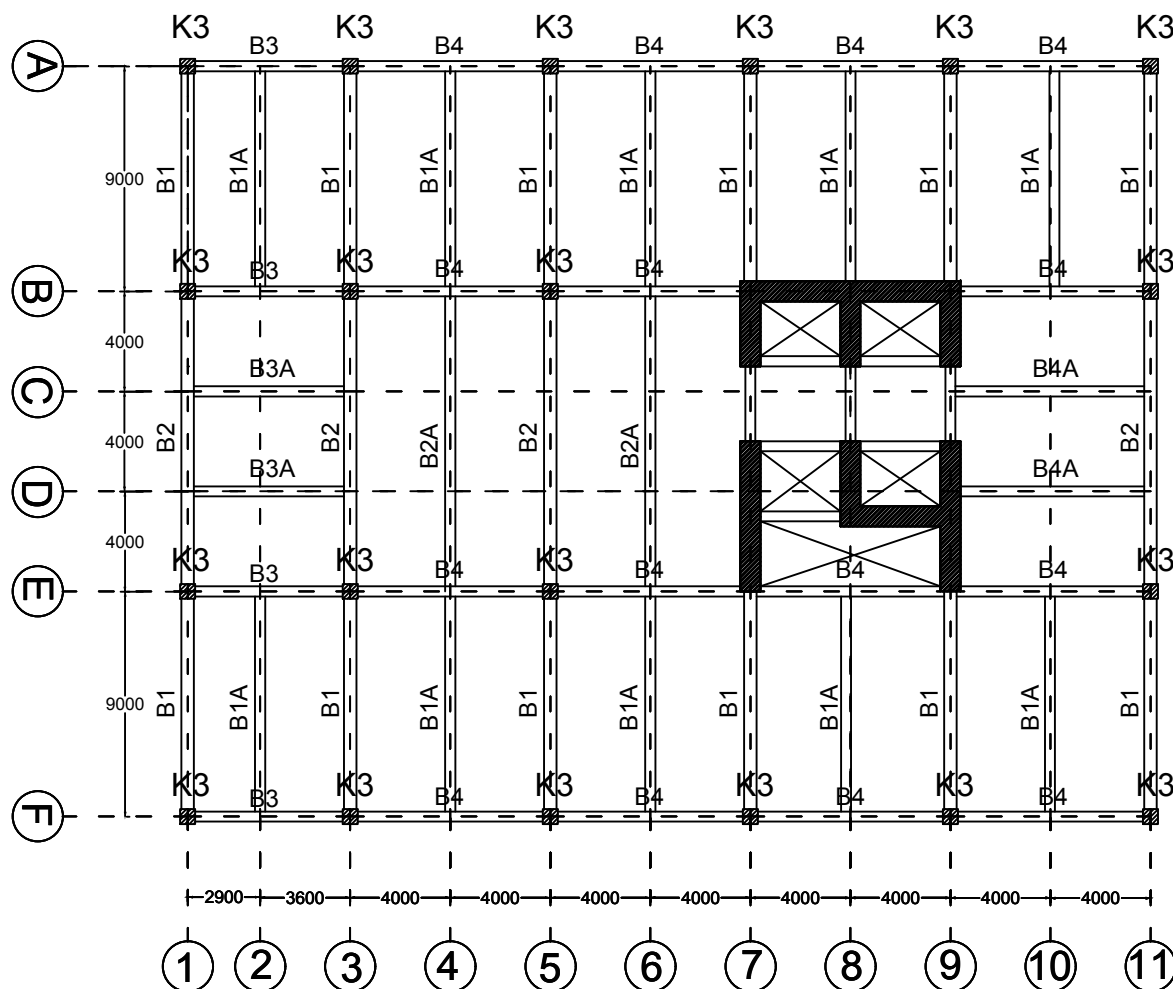
NRP


03111440000015

JUDUL GAMBAR

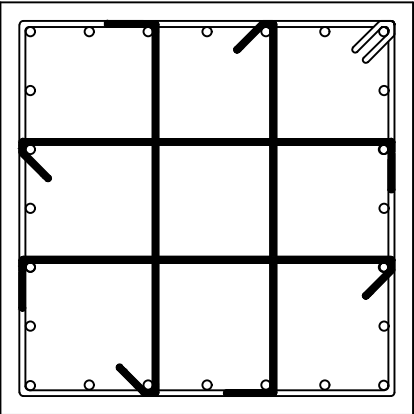
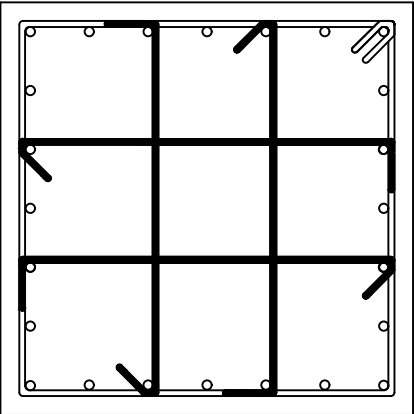
Denah Lantai 11 - Atap


NO. GMB	SKALA	KODE GMB
5	1 : 300	STR

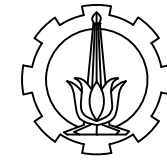


 Denah Lantai 11 - Atap
Skala 1 : 300

Rencana Dimensi Kolom		
No.	Type	Dimensi Kolom
1.	K3	600 x 600 mm
Rencana Dimensi Balok		
No.	Type	Dimensi Balok
1.	B1	500 x 750 mm
2.	B2	500 x 750 mm
3.	B3	400 x 700 mm
4.	B4	400 x 700 mm
5.	B1A	400 x 550 mm
6.	B2A	400 x 550 mm
7.	B3A	400 x 550 mm
8.	B4A	400 x 550 mm

Tabel Penulangan Kolom		
Type	K1	
Kondisi	Tumpuan	Lapangan
Sketsa		
Penampang	1100 x 1100 mm	
Tulangan	24 D25	24 D25
Sengkang	4 D16 - 100	4 D16 - 150


 Detail Penulangan Kolom K1
 Skala 1 : 20



DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio, ST. MT. Ph.D
 Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
 GEDUNG HOTEL SWISS-BELINN
 DENGAN METODE BETON PRACETAK
 MENGGUNAKAN SAMBUNGAN BASAH
 BERDASARKAN STANDARD ACI 318M-14

NAMA MAHASISWA

IQBAL ALBANA AKBAR

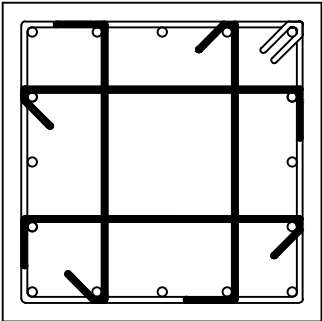
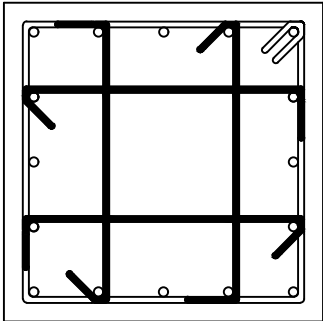
NRP


03111440000015

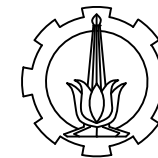
JUDUL GAMBAR

Detail Penulangan Kolom K1

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
6	1 : 20	STR

Tabel Penulangan Kolom		
Type	K2	
Kondisi	Tumpuan	Lapangan
Sketsa		
Penampang	850 x 850 mm	
Tulangan	16 D25	16 D25
Sengkang	4 D16 - 100	4 D16 - 150


 Detail Penulangan Kolom K2
 Skala 1 : 20



DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio, ST. MT. Ph.D
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG HOTEL SWISS-BELINN
DENGAN METODE BETON PRACETAK
MENGUNAKAN SAMBUNGAN BASAH
BERDASARKAN STANDARD ACI 318M-14

NAMA MAHASISWA

IQBAL ALBANA AKBAR

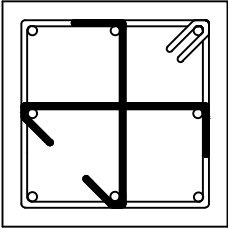
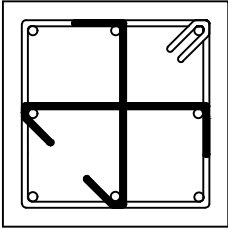
NRP


03111440000015

JUDUL GAMBAR

Detail Penulangan Kolom K2

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
7	1 : 20	STR

Tabel Penulangan Kolom		
Type	K3	
Kondisi	Tumpuan	Lapangan
Sketsa		
Penampang	600 x 600 mm	
Tulangan	8 D25	8 D25
Sengkang	3 D16 - 100	3 D16 - 150


 Detail Penulangan Kolom K3
 Skala 1 : 20



DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio, ST. MT. Ph.D
 Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
 GEDUNG HOTEL SWISS-BELINN
 DENGAN METODE BETON PRACETAK
 MENGGUNAKAN SAMBUNGAN BASAH
 BERDASARKAN STANDARD ACI 318M-14

NAMA MAHASISWA

IQBAL ALBANA AKBAR

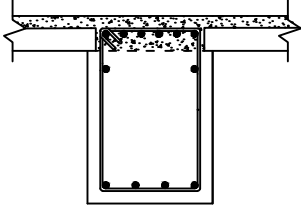
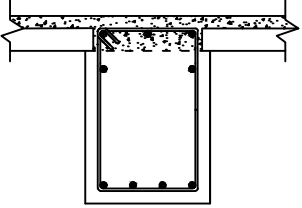
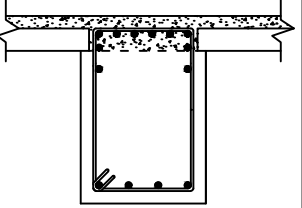
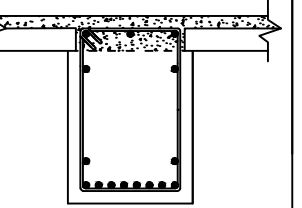
NRP

03111440000015

JUDUL GAMBAR

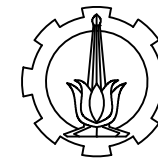
Detail Penulangan Kolom K3

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
8	1 : 20	STR

Tabel Penulangan Balok Induk				
Type	B1		B2	
Kondisi	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
Sketsa				
Penampang	500 x 750 mm		500 x 750 mm	
Bentang	9 meter		12 meter	
Decking	50 mm		50 mm	
Atas	6 D25	3 D25	8 D25	3 D25
Tengah	2 D25	2 D25	2 D25	2 D25
Bawah	4 D25	4 D25	4 D25	10 D25
Sengkang	2 D10 - 100	2 D10 - 180	2 D10 - 60	2 D10 - 120



Detail Penulangan Balok Induk B1 & B2
Skala 1 : 30



DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio, ST. MT. Ph.D
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG HOTEL SWISS-BELINN
DENGAN METODE BETON PRACETAK
MENGUNAKAN SAMBUNGAN BASAH
BERDASARKAN STANDARD ACI 318M-14

NAMA MAHASISWA

IQBAL ALBANA AKBAR

NRP

03111440000015

JUDUL GAMBAR

Detail Penulangan
Balok Induk B1 & B2

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
9	1 : 30	STR



DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio, ST. MT. Ph.D
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG HOTEL SWISS-BELINN
DENGAN METODE BETON PRACETAK
MENGUNAKAN SAMBUNGAN BASAH
BERDASARKAN STANDARD ACI 318M-14

NAMA MAHASISWA

IQBAL ALBANA AKBAR

NRP

03111440000015

JUDUL GAMBAR

Detail Penulangan
Balok Induk B3 & B4

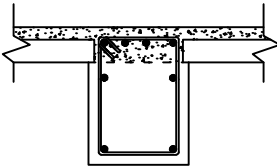
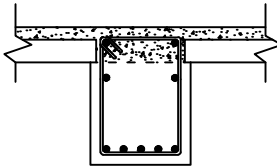
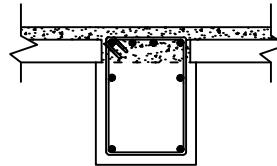
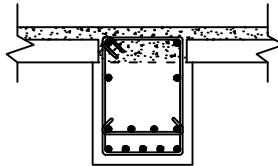
NO. GMB	SKALA	KODE GMB
10	1 : 30	STR

Tabel Penulangan Balok Induk

Type	B3		B4	
Kondisi	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
Sketsa				
Penampang	400 x 700 mm		400 x 700 mm	
Bentang	6.5 meter		8 meter	
Decking	50 mm		50 mm	
Atas	4 D25	2 D25	5 D25	2 D25
Tengah	2 D25	2 D25	5 D25	2 D25
Bawah	2 D25	5 D25	5 D25	9 D25
Sengkang	2 D10 - 100	2 D10 - 180	2 D10 - 60	2 D10 - 120



Detail Penulangan Balok Induk B3 & B4
Skala 1 : 30

Tabel Penulangan Balok Anak				
Type	B1A		B2A	
Kondisi	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
Sketsa				
Penampang	400 x 550 mm		400 x 550 mm	
Bentang	9 meter		12 meter	
Decking	40 mm		40 mm	
Atas	4 D25	2 D25	4 D25	2 D25
Tengah	2 D25	2 D25	2 D25	2 D25
Bawah	2 D25	5 D25	2 D25	9 D25
Sengkang	2 D10 - 80	2 D10 - 160	2 D10 - 80	2 D10 - 160



Detail Penulangan Balok Anak B1A & B2A
Skala 1 : 30



DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio, ST. MT. Ph.D
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG HOTEL SWISS-BELINN
DENGAN METODE BETON PRACETAK
MENGUNAKAN SAMBUNGAN BASAH
BERDASARKAN STANDARD ACI 318M-14

NAMA MAHASISWA

IQBAL ALBANA AKBAR

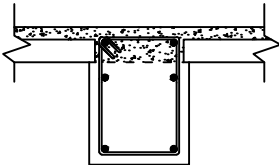
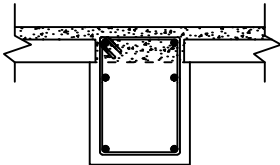
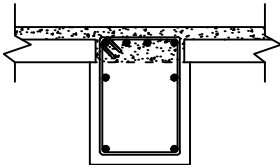
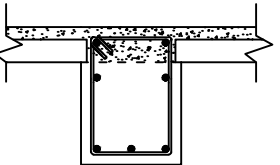
NRP

03111440000015

JUDUL GAMBAR

Detail Penulangan
Balok Anak B1A & B2A

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
11	1 : 30	STR

Tabel Penulangan Balok Anak				
Type	B3A		B4A	
Kondisi	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
Sketsa				
Penampang	400 x 550 mm		400 x 550 mm	
Bentang	6.5 meter		8 meter	
Decking	40 mm		40 mm	
Atas	2 D25	2 D25	4 D25	2 D25
Tengah	2 D25	2 D25	2 D25	2 D25
Bawah	2 D25	2 D25	2 D25	3 D25
Sengkang	2 D10 - 80	2 D10 - 160	2 D10 - 80	2 D10 - 160



Detail Penulangan Balok Anak B3A & B4A
Skala 1 : 30



DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio, ST. MT. Ph.D
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG HOTEL SWISS-BELINN
DENGAN METODE BETON PRACETAK
MENGUNAKAN SAMBUNGAN BASAH
BERDASARKAN STANDARD ACI 318M-14

NAMA MAHASISWA

IQBAL ALBANA AKBAR

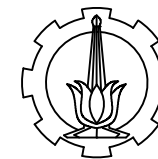
NRP

03111440000015

JUDUL GAMBAR

Detail Penulangan
Balok Anak B3A & B4A

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
12	1 : 30	STR



DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio, ST. MT. Ph.D
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG HOTEL SWISS-BELINN
DENGAN METODE BETON PRACETAK
MENGUNAKAN SAMBUNGAN BASAH
BERDASARKAN STANDARD ACI 318M-14

NAMA MAHASISWA

IQBAL ALBANA AKBAR

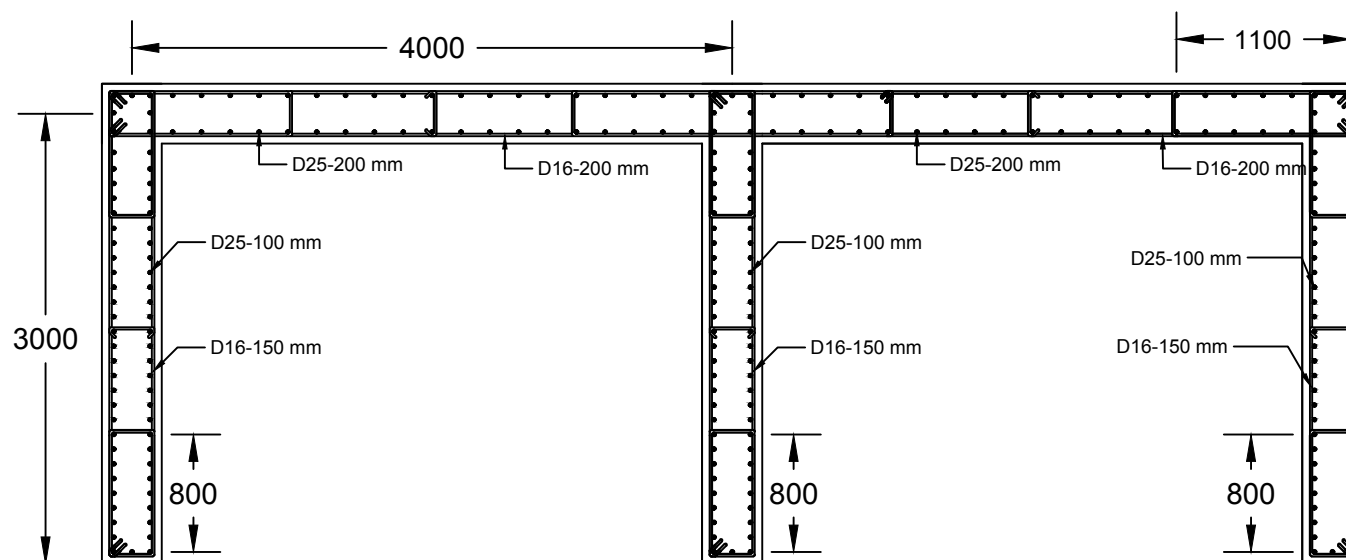
NRP

03111440000015

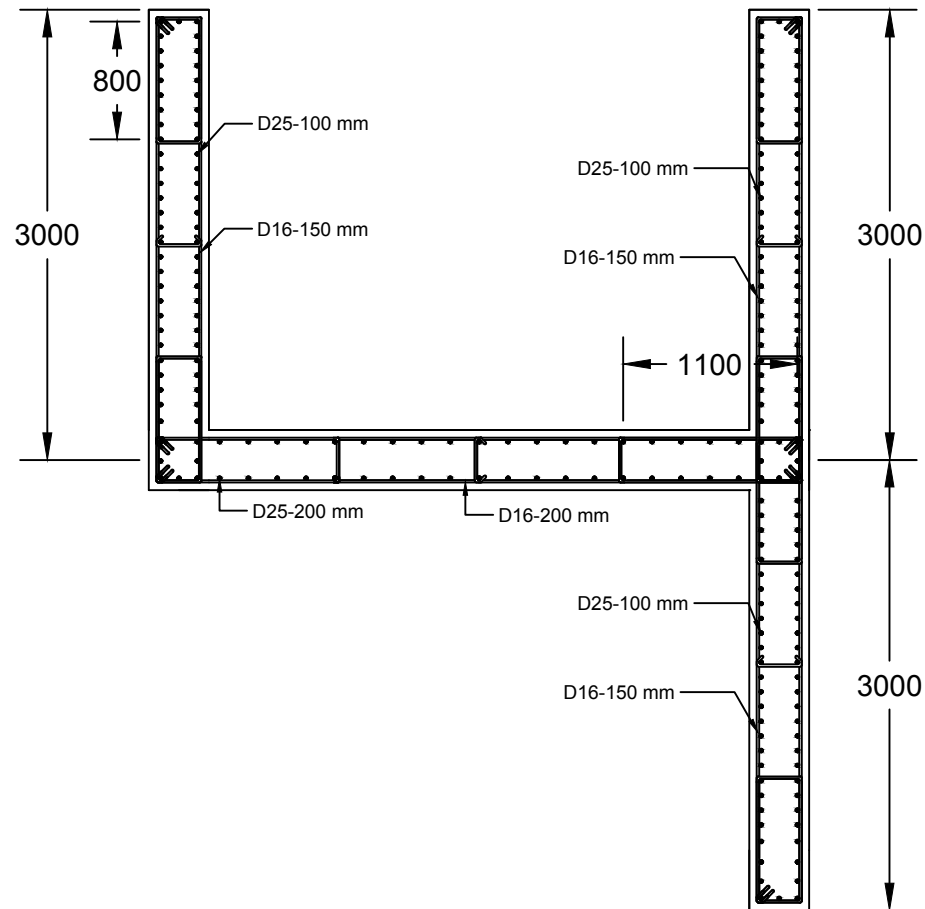
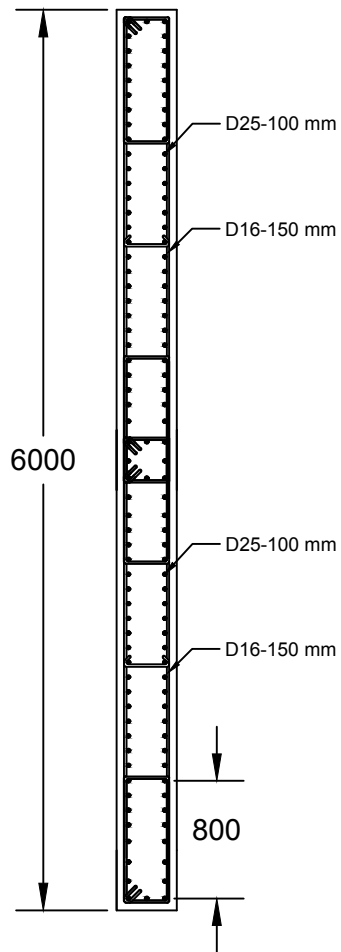
JUDUL GAMBAR

Dinding Geser Tipe 1

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
13	1 : 50	STR



Detail Penulangan Dinding Geser Tipe 1
Skala 1 : 50



Detail Penulangan Dinding Geser Tipe 2
Skala 1 : 50



DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio, ST. MT. Ph.D
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG HOTEL SWISS-BELINN
DENGAN METODE BETON PRACETAK
MENGUNAKAN SAMBUNGAN BASAH
BERDASARKAN STANDARD ACI 318M-14

NAMA MAHASISWA

IQBAL ALBANA AKBAR

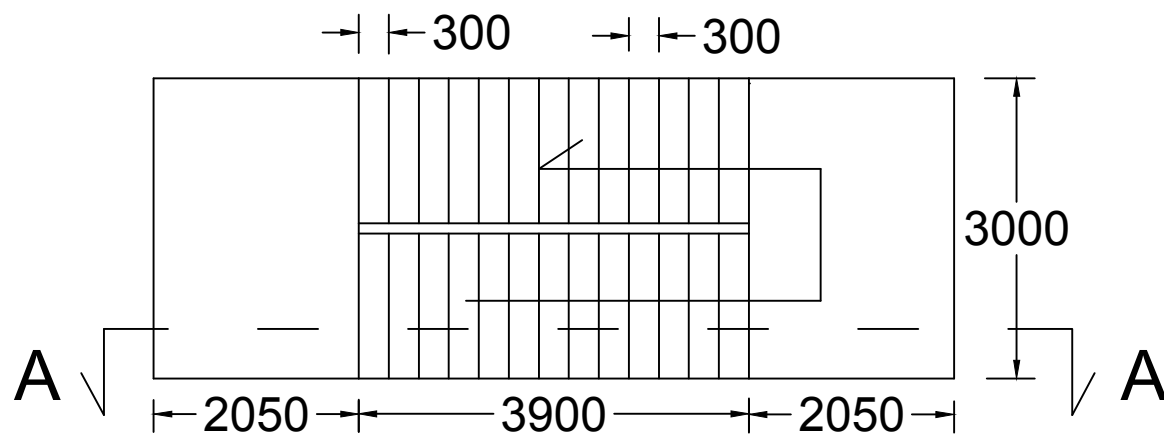
NRP


03111440000015

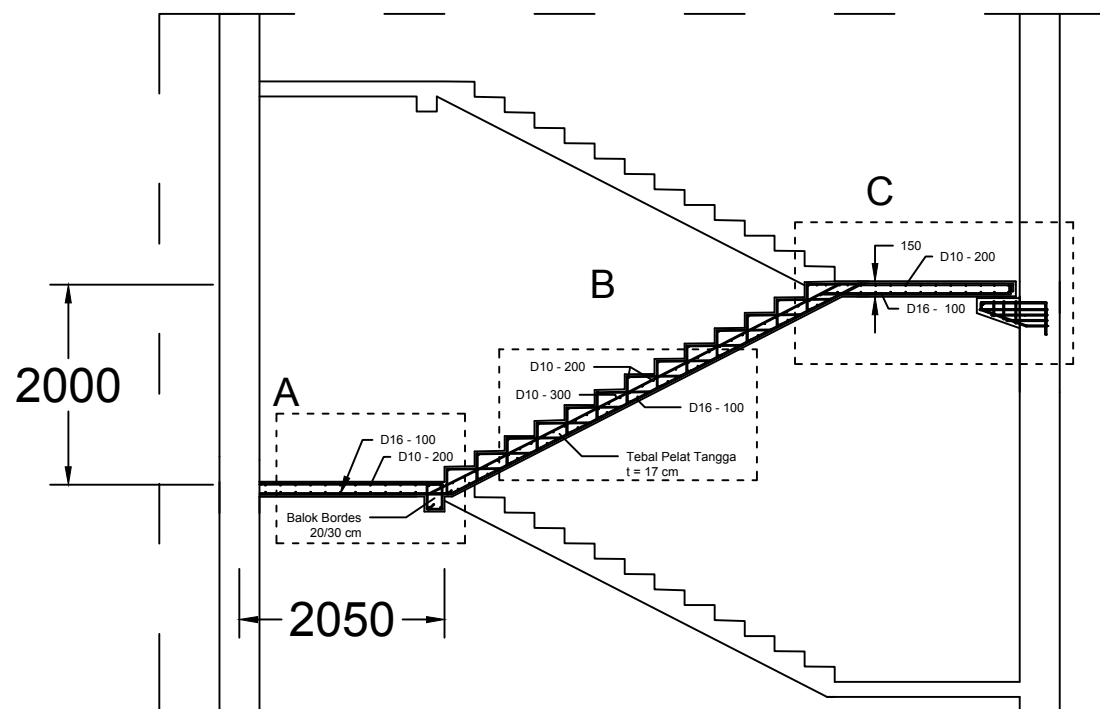
JUDUL GAMBAR


Dinding Geser Tipe 2

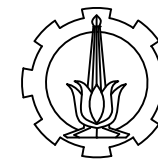
NO. GMB	SKALA	KODE GMB
14	1 : 50	STR



 Denah Tangga
Skala 1 : 75



 Potongan A-A
Skala 1 : 75



DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio, ST. MT. Ph.D
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG HOTEL SWISS-BELINN
DENGAN METODE BETON PRACETAK
MENGUNAKAN SAMBUNGAN BASAH
BERDASARKAN STANDARD ACI 318M-14

NAMA MAHASISWA

IQBAL ALBANA AKBAR

NRP

03111440000015

JUDUL GAMBAR

Denah Tangga
&
Potongan A - A

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
15	1 : 75	STR



DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio, ST. MT. Ph.D
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG HOTEL SWISS-BELINN
DENGAN METODE BETON PRACETAK
MENGUNAKAN SAMBUNGAN BASAH
BERDASARKAN STANDARD ACI 318M-14

NAMA MAHASISWA

IQBAL ALBANA AKBAR

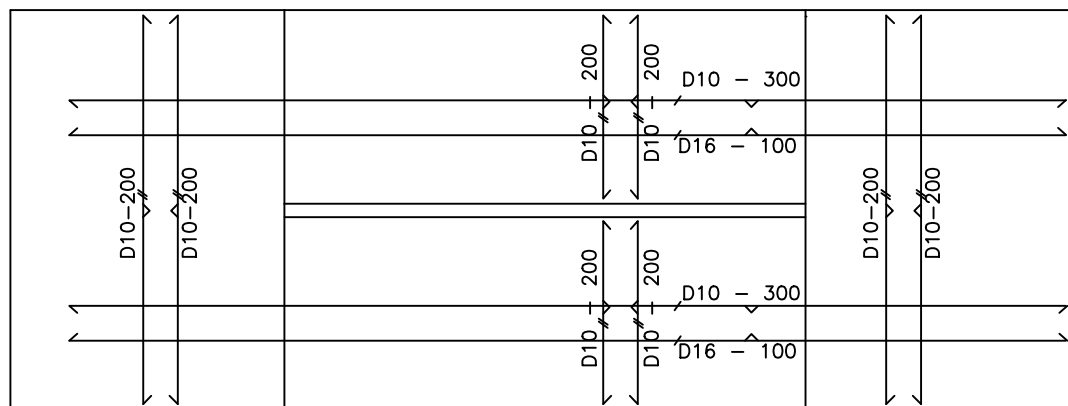
NRP


03111440000015

JUDUL GAMBAR

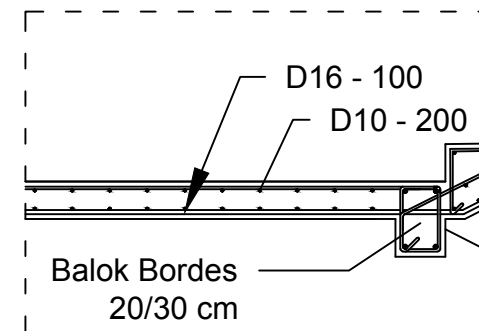
Detail Tangga


NO. GMB	SKALA	KODE GMB
16	1 : 30	STR



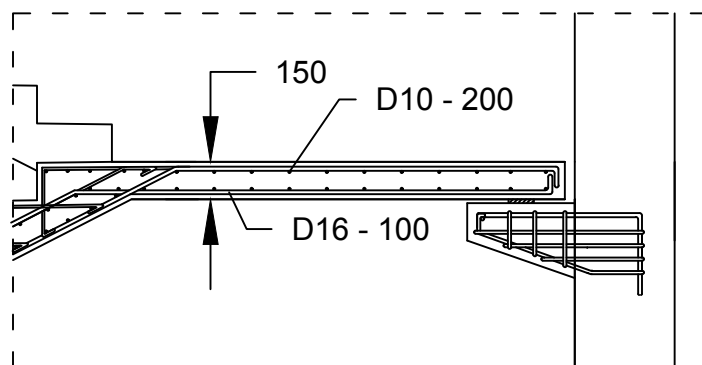
 Penulangan Tangga
Skala 1 : 30

A



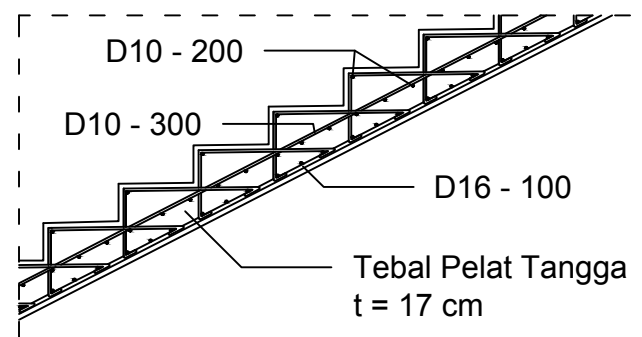
 Detail A
Skala 1 : 30

C



 Detail C
Skala 1 : 30

B



 Detail B
Skala 1 : 30



DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio, ST. MT. Ph.D
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG HOTEL SWISS-BELINN
DENGAN METODE BETON PRACETAK
MENGUNAKAN SAMBUNGAN BASAH
BERDASARKAN STANDARD ACI 318M-14

NAMA MAHASISWA

IQBAL ALBANA AKBAR

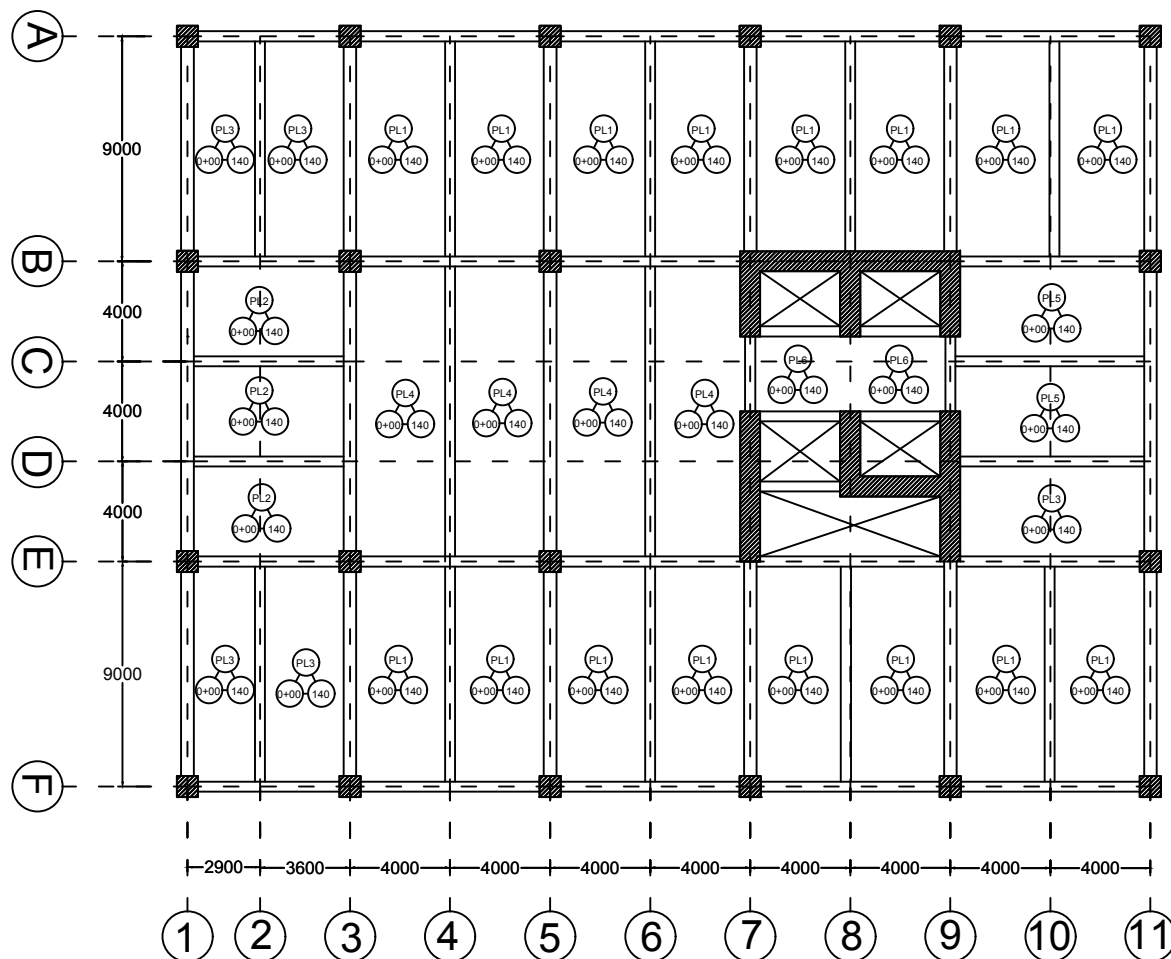
NRP


03111440000015

JUDUL GAMBAR

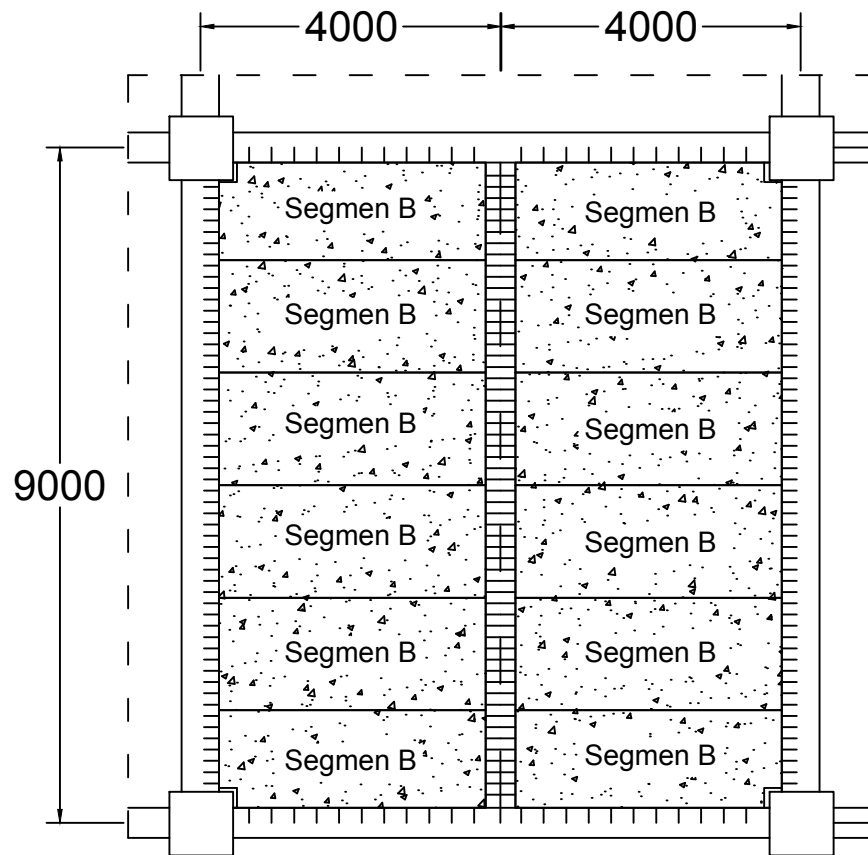
Denah Pelat
Lantai 1 - Lantai Atap


NO. GMB	SKALA	KODE GMB
17	1 : 300	STR

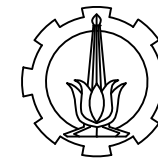


 Denah Plat Lantai 1 s/d Atap
Skala 1 : 300

Rencana Dimensi Pelat		
No.	Type	Dimensi Pelat
1.	PL1	9000 x 4000 mm
2.	PL2	4000 x 6500 mm
3.	PL3	9000 x 3600 mm
4.	PL4	4000 x 12000 mm
5.	PL5	8000 x 4000 mm
6.	PL6	4000 x 3000 mm




 Detail Pelat Tipe 1
 Skala 1 : 100



DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio, ST. MT. Ph.D
 Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
 GEDUNG HOTEL SWISS-BELINN
 DENGAN METODE BETON PRACETAK
 MENGGUNAKAN SAMBUNGAN BASAH
 BERDASARKAN STANDARD ACI 318M-14

NAMA MAHASISWA

IQBAL ALBANA AKBAR

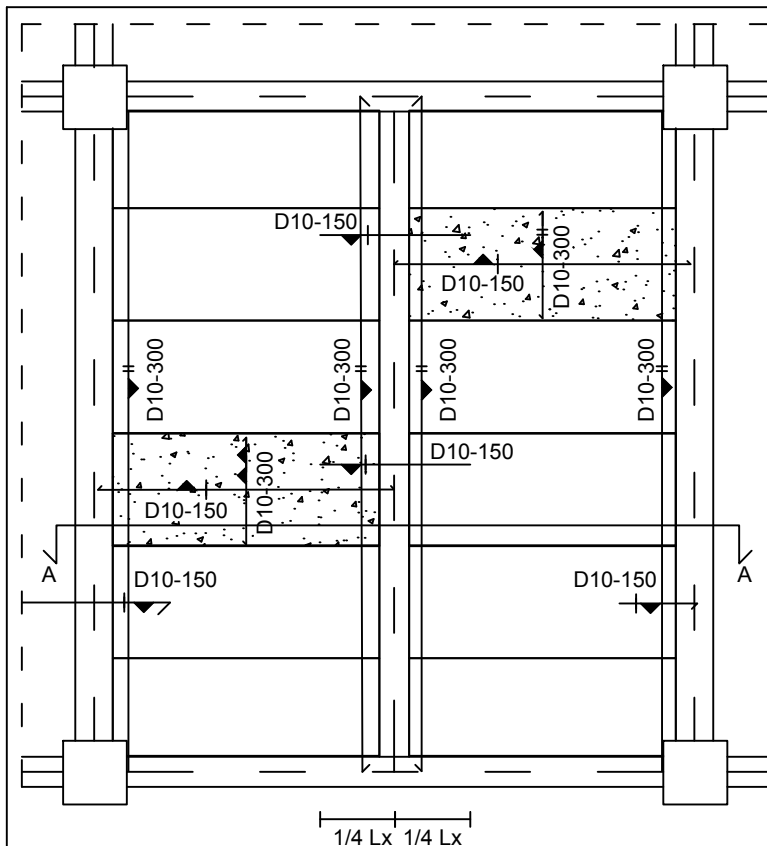
NRP

03111440000015

JUDUL GAMBAR

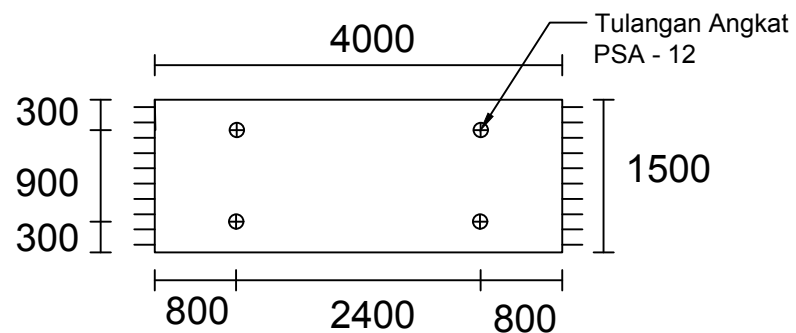
Detail Pelat Tipe 1

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
18	1 : 100	STR

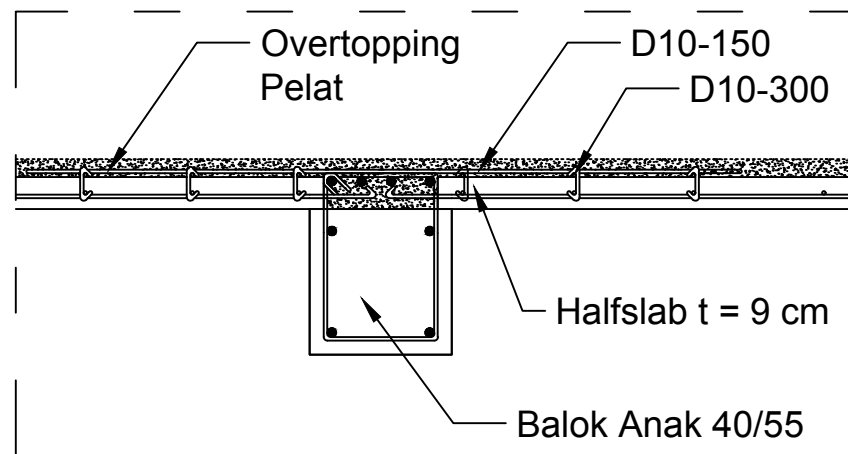


Penulangan Pelat Tipe 1
Skala 1 : 100

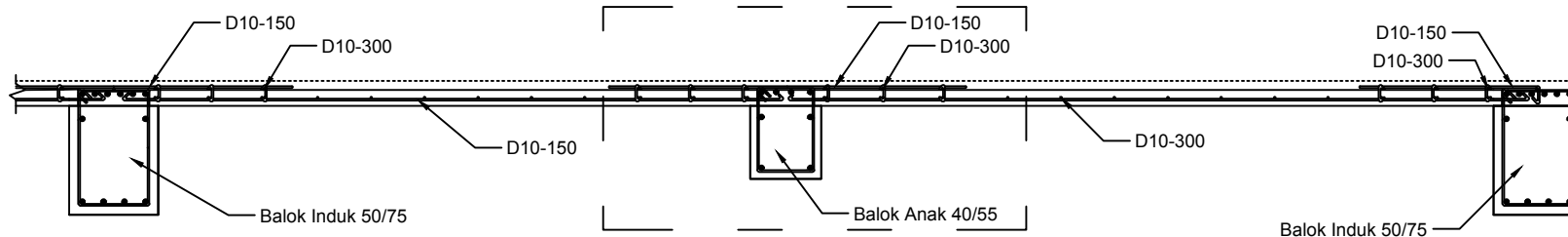
A



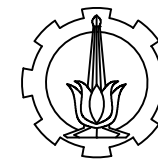
Detail Pengangkatan
Skala 1 : 50



Detail A



Potongan A-A
Skala 1 : 20



DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio, ST. MT. Ph.D
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG HOTEL SWISS-BELINN
DENGAN METODE BETON PRACETAK
MENGUNAKAN SAMBUNGAN BASAH
BERDASARKAN STANDARD ACI 318M-14

NAMA MAHASISWA

IQBAL ALBANA AKBAR

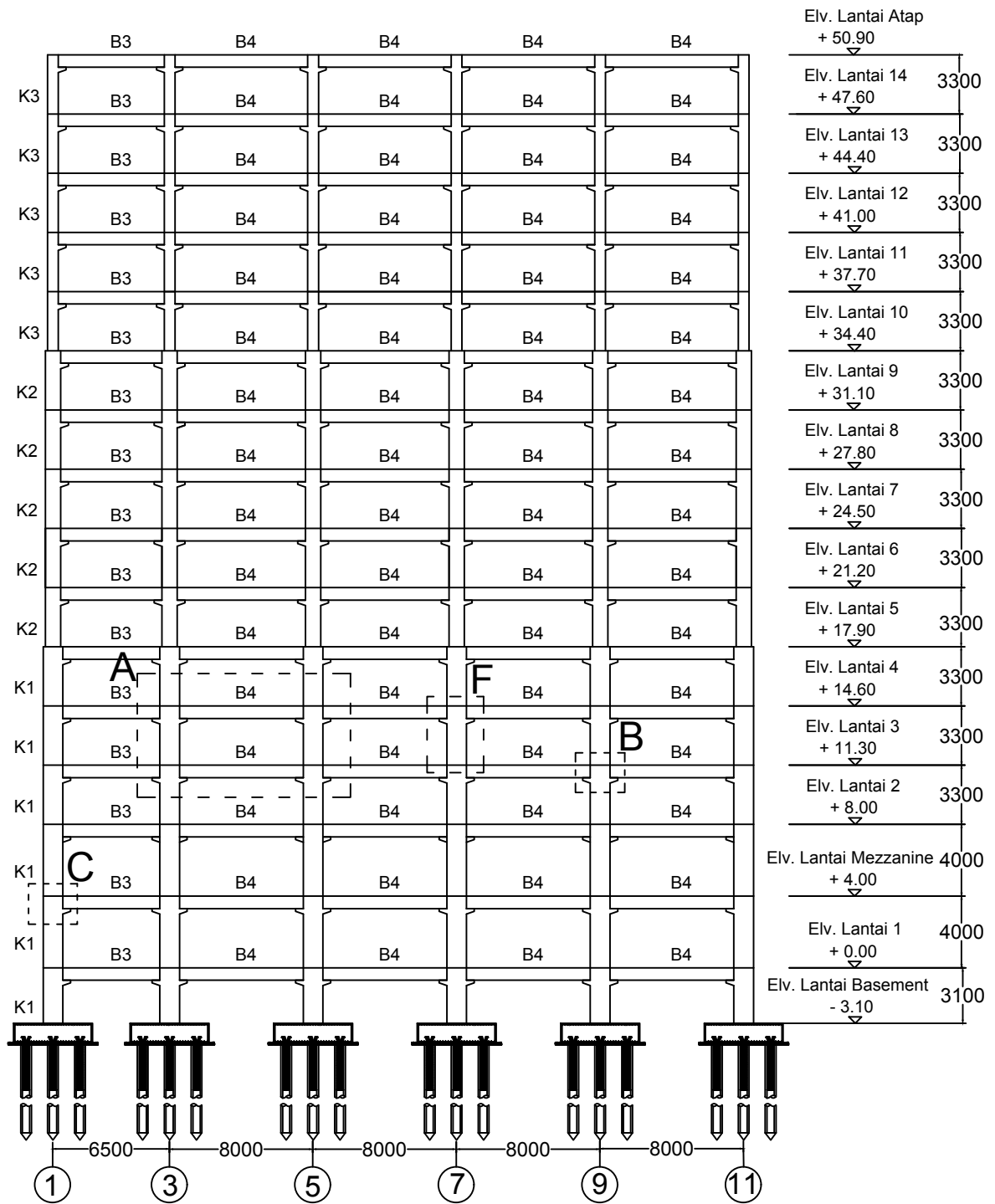
NRP


03111440000015

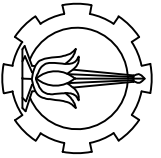
JUDUL GAMBAR

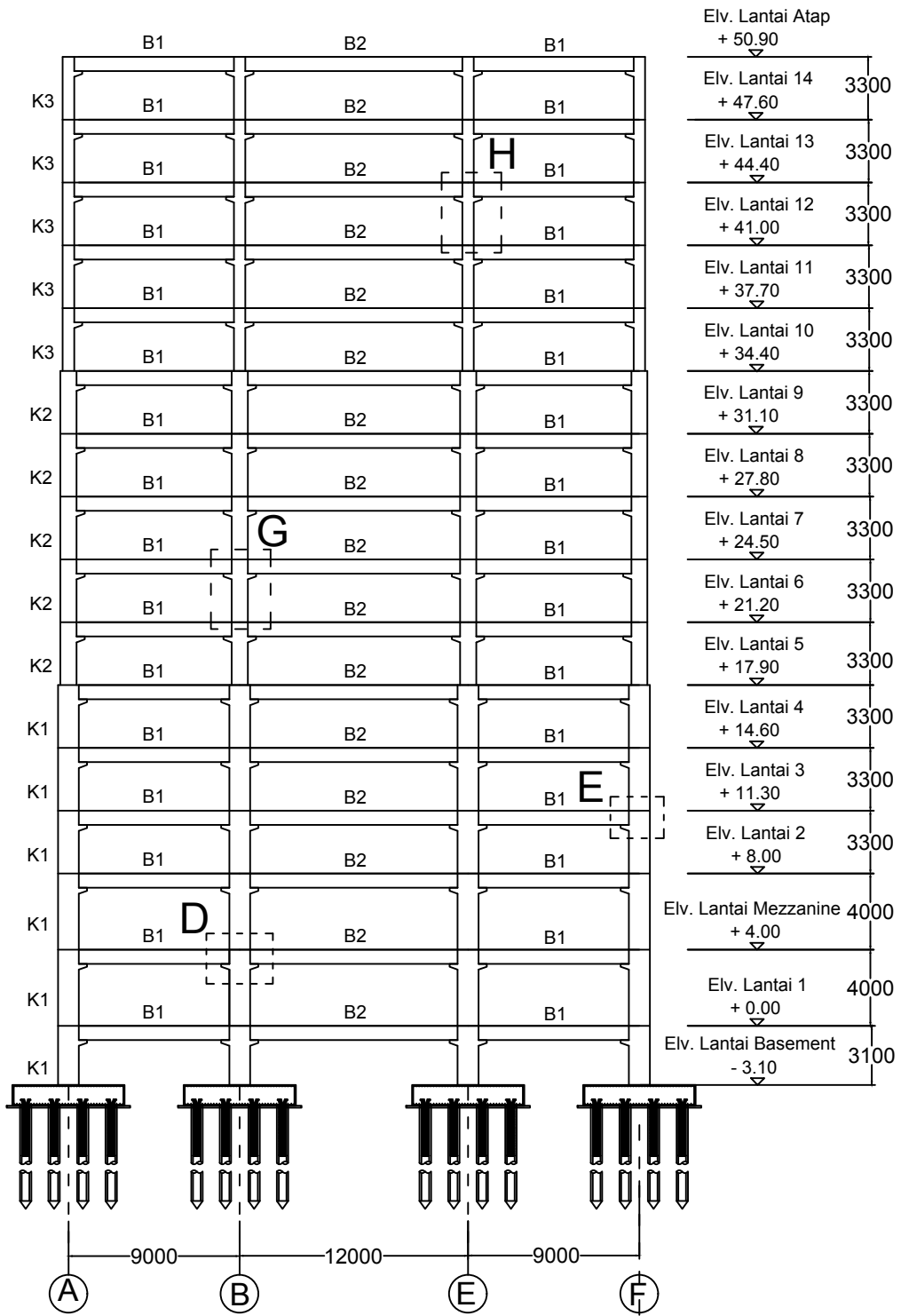
Penulangan Pelat
Tipe 1

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
19	1 : 100	STR

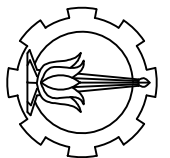


 Potongan Melintang
Skala 1 : 350

		
DOSEN PEMBIMBING		
Prof. Tawio, ST. MT. Ph.D Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka		
JUDUL TUGAS AKHIR		
DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG HOTEL SWISS-BELINN DENGAN METODE BETON PRACETAK MENGGUNAKAN SAMBUNGAN BASAH BERDASARKAN STANDARD ACI 318M-14		
NAMA MAHASISWA		
IQBAL ALBANA AKBAR		
NRP		
03111440000015		
JUDUL GAMBAR		
Potongan Melintang Struktural		
NO. GMB	SKALA	KODE GMB
20	1 : 350	STR



Potongan Memanjang
Skala 1 : 350



DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tawio, ST. MT. Ph.D
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG HOTEL SWISS-BELINN
DENGAN METODE BETON PRACETAK
MENGUNAKAN SAMBUNGAN BASAH
BERDASARKAN STANDARD ACI 318M-14

NAMA MAHASISWA

IQBAL ALBANA AKBAR

NRP

03111440000015

JUDUL GAMBAR

Potongan Memanjang
Struktural

NO. GMB

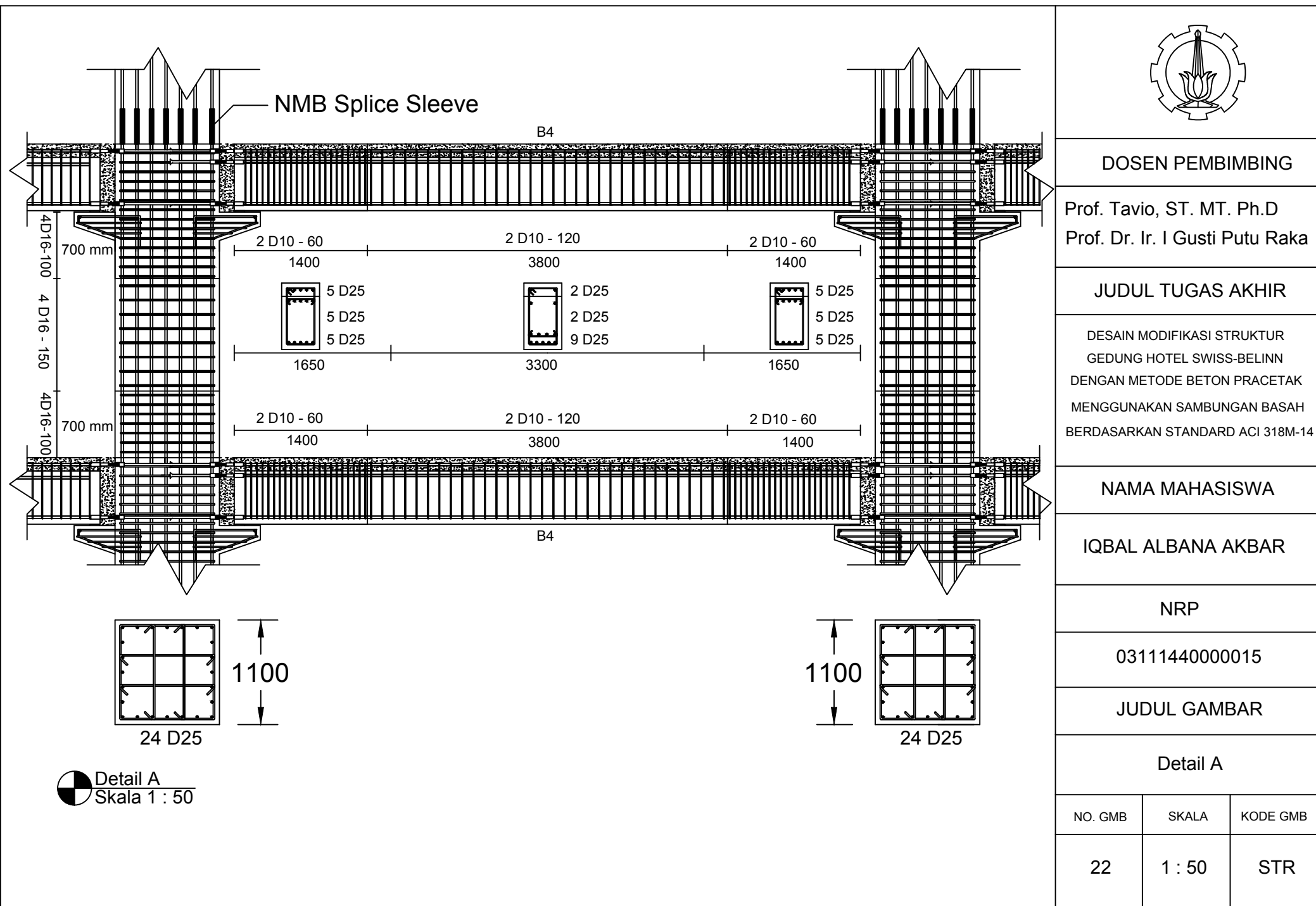
SKALA

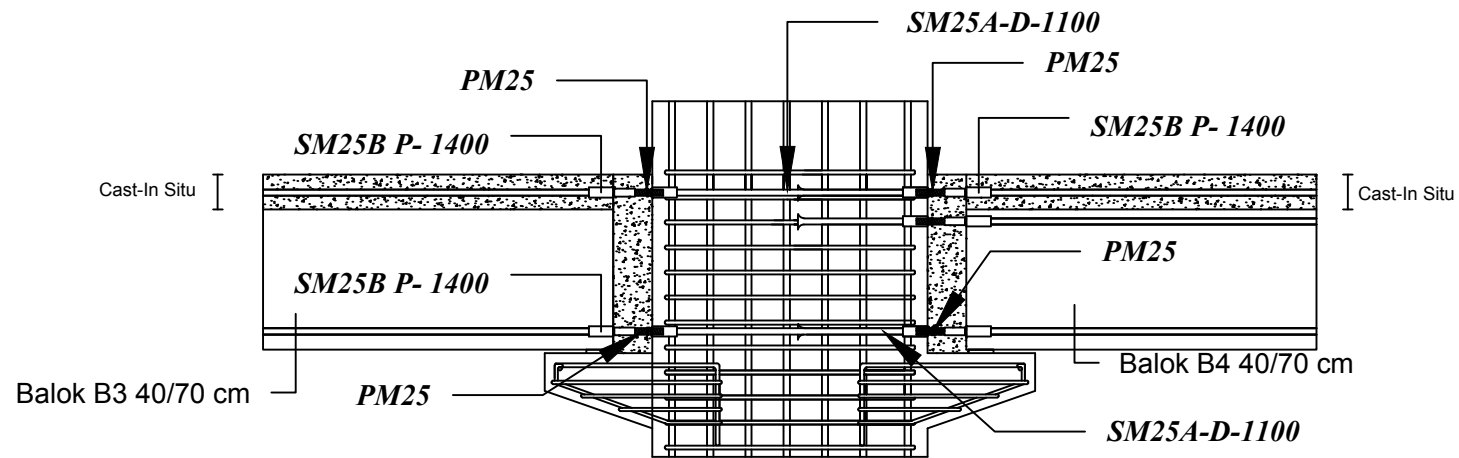
KODE GMB

21

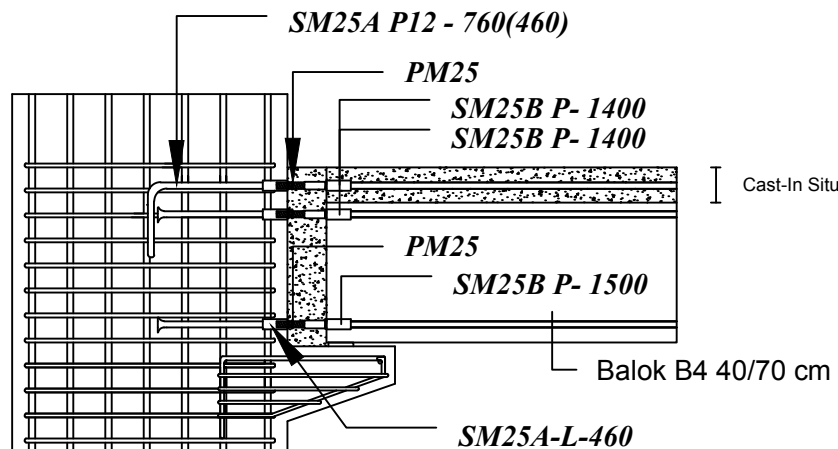
1 : 350

STR





Detail B
Skala 1 : 30



Detail C
Skala 1 : 30



DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio, ST. MT. Ph.D
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG HOTEL SWISS-BELINN
DENGAN METODE BETON PRACETAK
MENGUNAKAN SAMBUNGAN BASAH
BERDASARKAN STANDARD ACI 318M-14

NAMA MAHASISWA

IQBAL ALBANA AKBAR

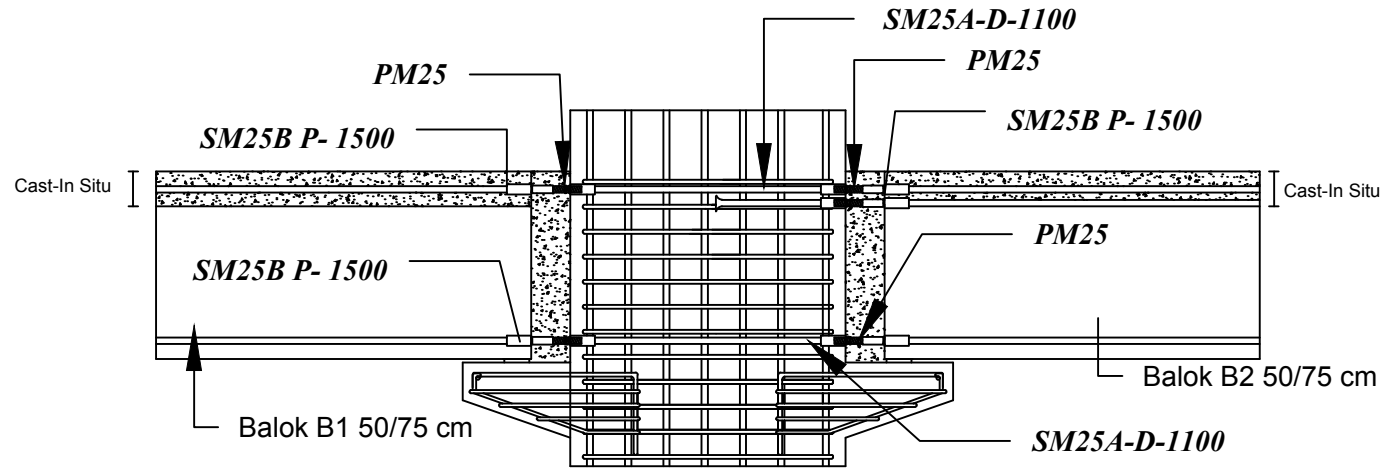
NRP

03111440000015

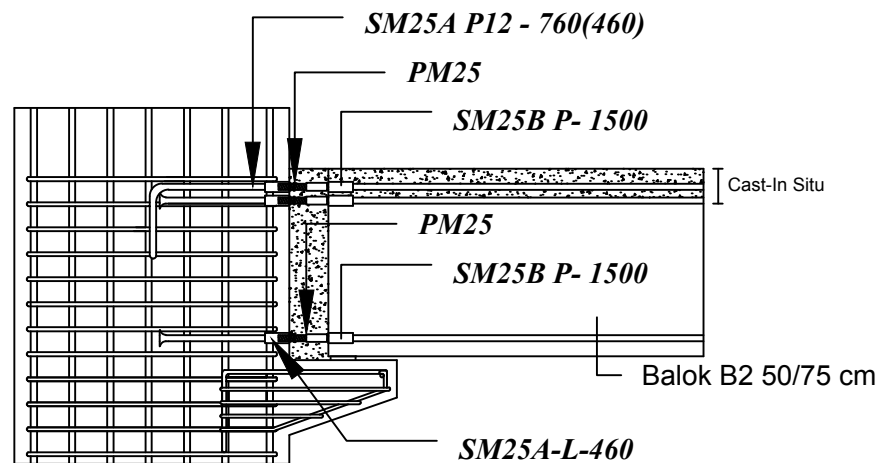
JUDUL GAMBAR

Detail B & Detail C

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
23	1 : 30	STR



Detail D
Skala 1 : 30



Detail E
Skala 1 : 30



DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio, ST. MT. Ph.D
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG HOTEL SWISS-BELINN
DENGAN METODE BETON PRACETAK
MENGUNAKAN SAMBUNGAN BASAH
BERDASARKAN STANDARD ACI 318M-14

NAMA MAHASISWA

IQBAL ALBANA AKBAR

NRP

03111440000015

JUDUL GAMBAR

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
24	1 : 30	STR



DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio, ST. MT. Ph.D
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG HOTEL SWISS-BELINN
DENGAN METODE BETON PRACETAK
MENGUNAKAN SAMBUNGAN BASAH
BERDASARKAN STANDARD ACI 318M-14

NAMA MAHASISWA

IQBAL ALBANA AKBAR

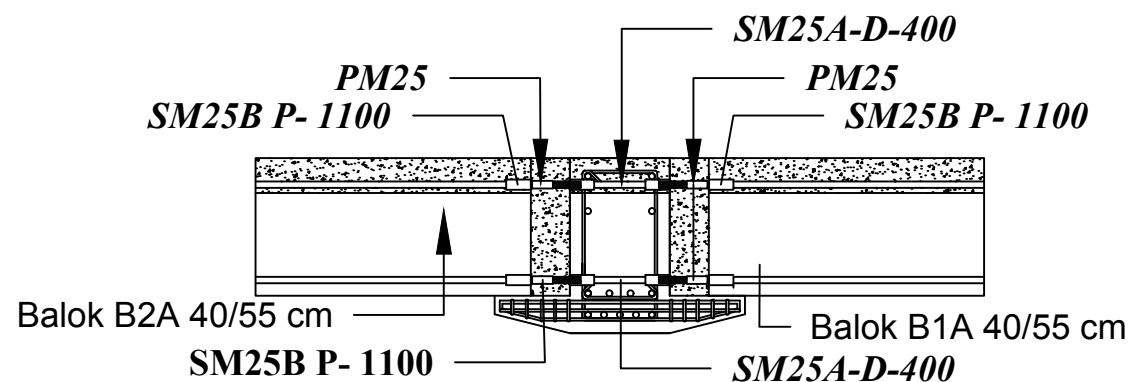
NRP

03111440000015

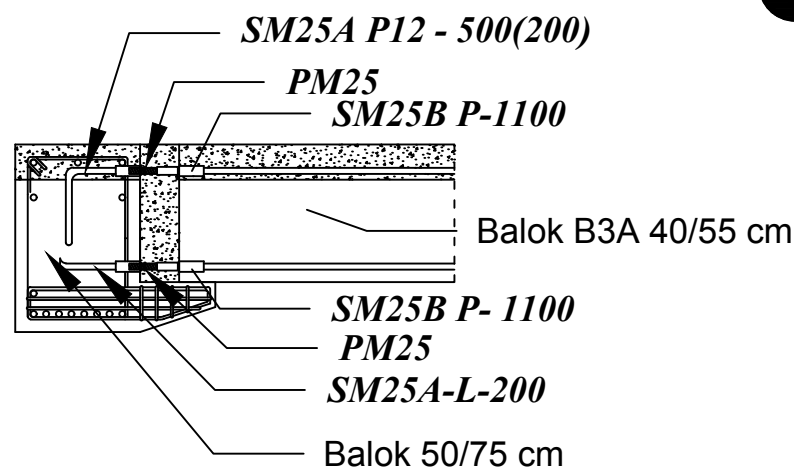
JUDUL GAMBAR

Detail Sambungan
Balok Anak - Balok Induk

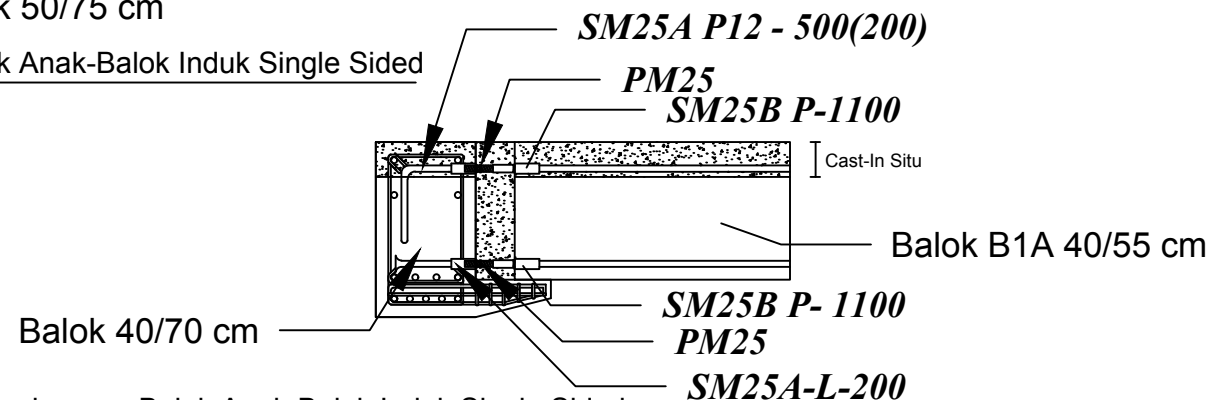
NO. GMB	SKALA	KODE GMB
25	1 : 30	STR



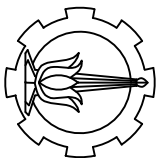
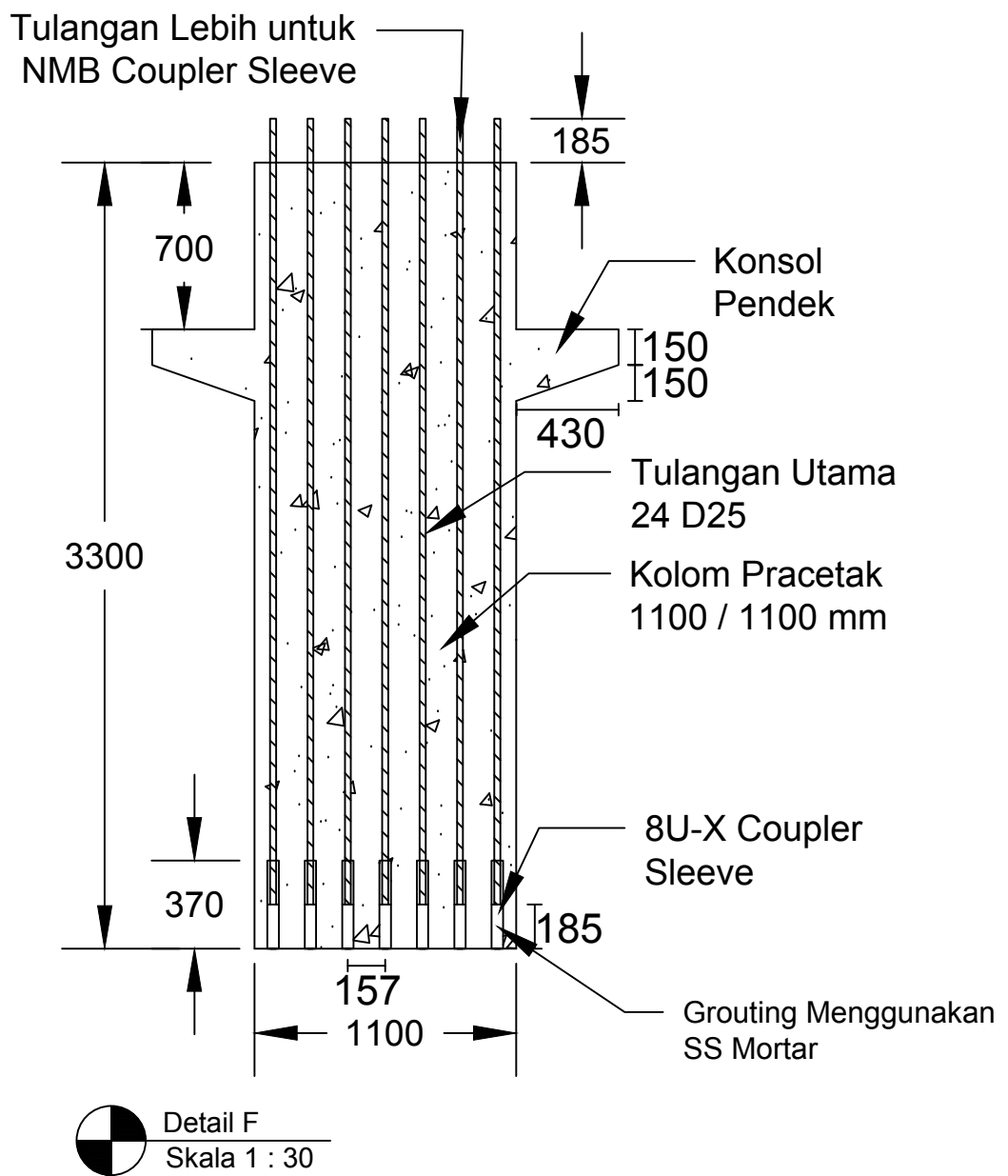
Detail Sambungan Balok Anak-Balok Induk Dual Sided
Skala 1 : 30



Detail Sambungan Balok Anak-Balok Induk Single Sided
Skala 1 : 30



Detail Sambungan Balok Anak-Balok Induk Single Sided
Skala 1 : 30



DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tawio, ST. MT. Ph.D
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG HOTEL SWISS-BELINN
DENGAN METODE BETON PRACETAK
MENGGUNAKAN SAMBUNGAN BASAH
BERDASARKAN STANDARD ACI 318M-14

NAMA MAHASISWA

IQBAL ALBANA AKBAR

NRP

03111440000015

JUDUL GAMBAR

Detail Kolom K1

NO. GMB

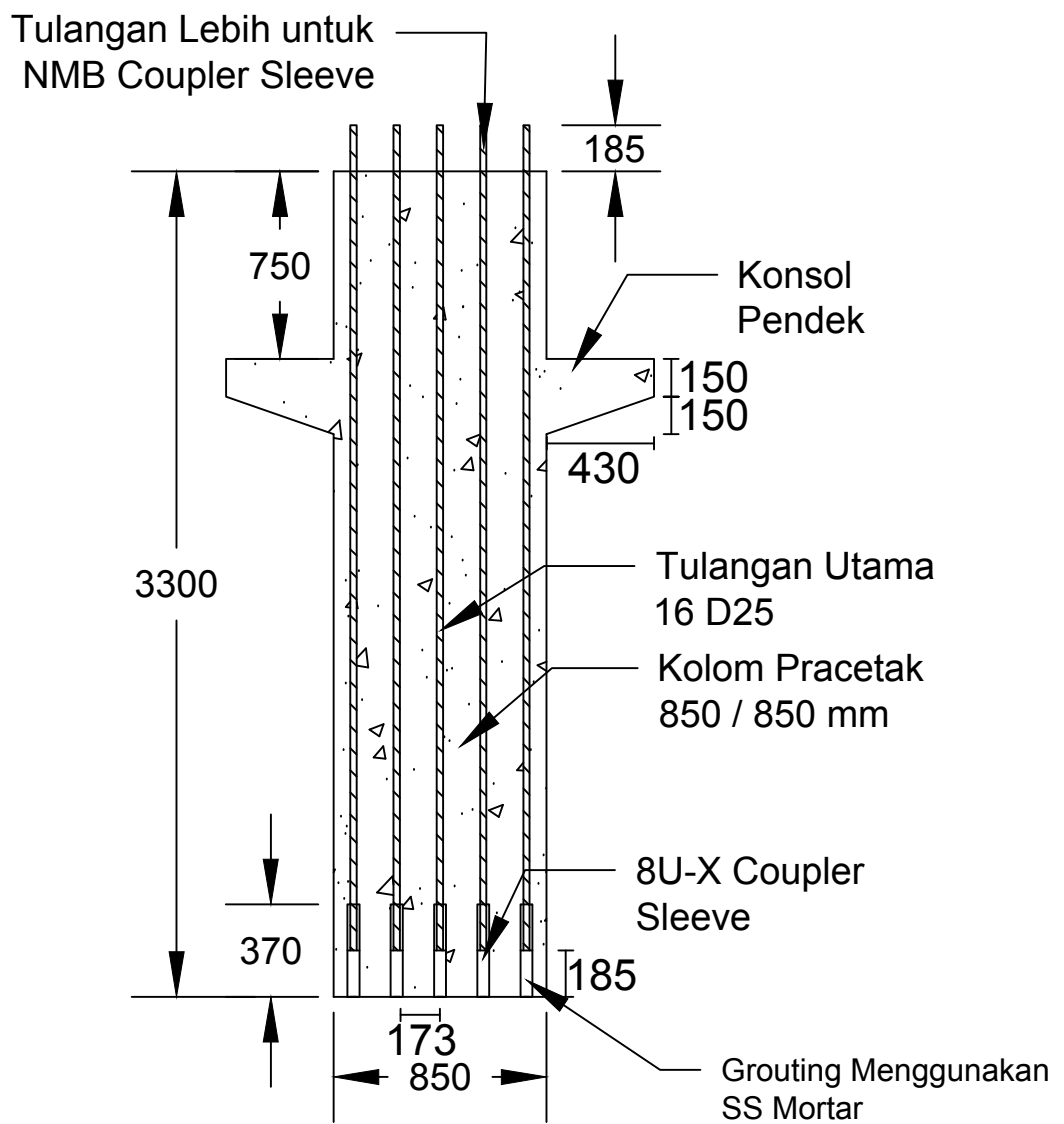
SKALA

KODE GMB

26

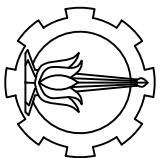
1 : 30

STR



Detail G

Skala 1 : 30



DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tawio, ST. MT. Ph.D
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG HOTEL SWISS-BELINN
DENGAN METODE BETON PRACETAK
MENGUNAKAN SAMBUNGAN BASAH
BERDASARKAN STANDARD ACI 318M-14

NAMA MAHASISWA

IQBAL ALBANA AKBAR

NRP

03111440000015

JUDUL GAMBAR

Detail Kolom K2

NO. GMB

SKALA

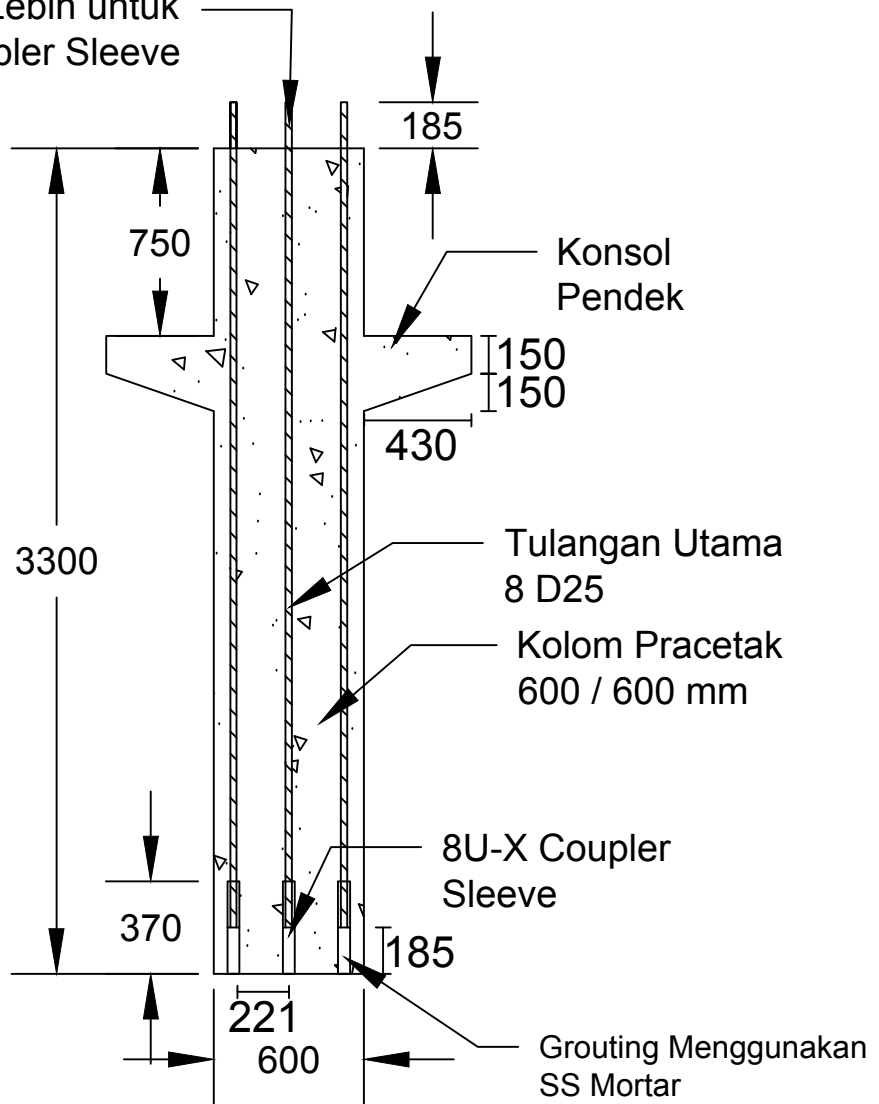
KODE GMB

27

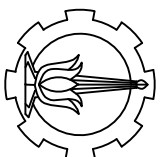
1 : 30

STR

Tulangan Lebih untuk
NMB Coupler Sleeve



Detail H
Skala 1 : 30



DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tawio, ST. MT. Ph.D
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG HOTEL SWISS-BELINN
DENGAN METODE BETON PRACETAK
MENGUNAKAN SAMBUNGAN BASAH
BERDASARKAN STANDARD ACI 318M-14

NAMA MAHASISWA

IQBAL ALBANA AKBAR

NRP

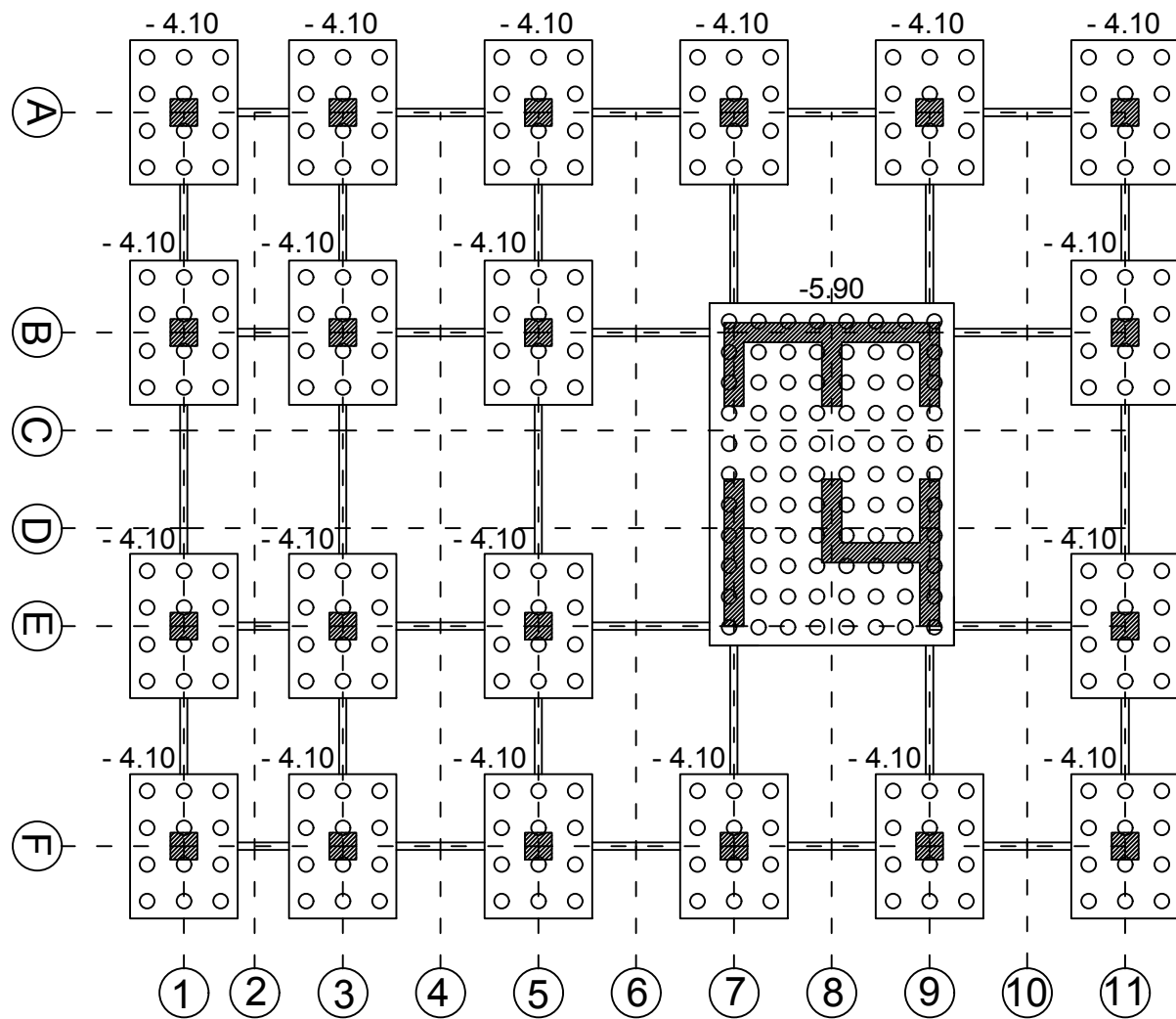
03111440000015

JUDUL GAMBAR

Detail Kolom K3

NO. GMB SKALA KODE GMB

28 1 : 30 STR



Denah Pondasi
Skala 1 : 300

Rencana Dimensi Pilecap		
No.	Type	Dimensi Pilecap
1.	1	5900 x 4400 x 1100 mm
2.	2	10000 x 14000 x 1100 mm



DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio, ST. MT. Ph.D
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG HOTEL SWISS-BELINN
DENGAN METODE BETON PRACETAK
MENGUNAKAN SAMBUNGAN BASAH
BERDASARKAN STANDARD ACI 318M-14

NAMA MAHASISWA

IQBAL ALBANA AKBAR

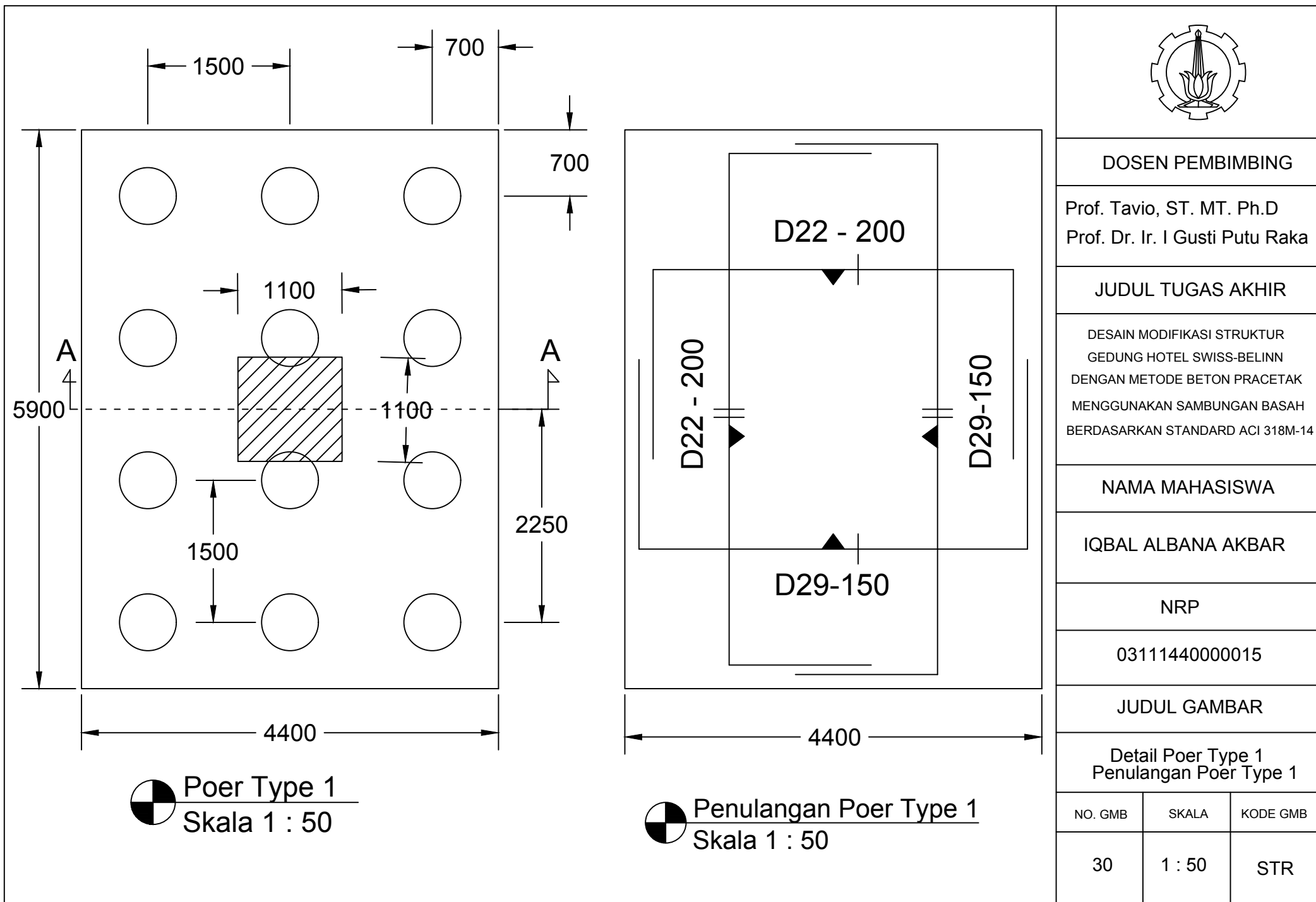
NRP

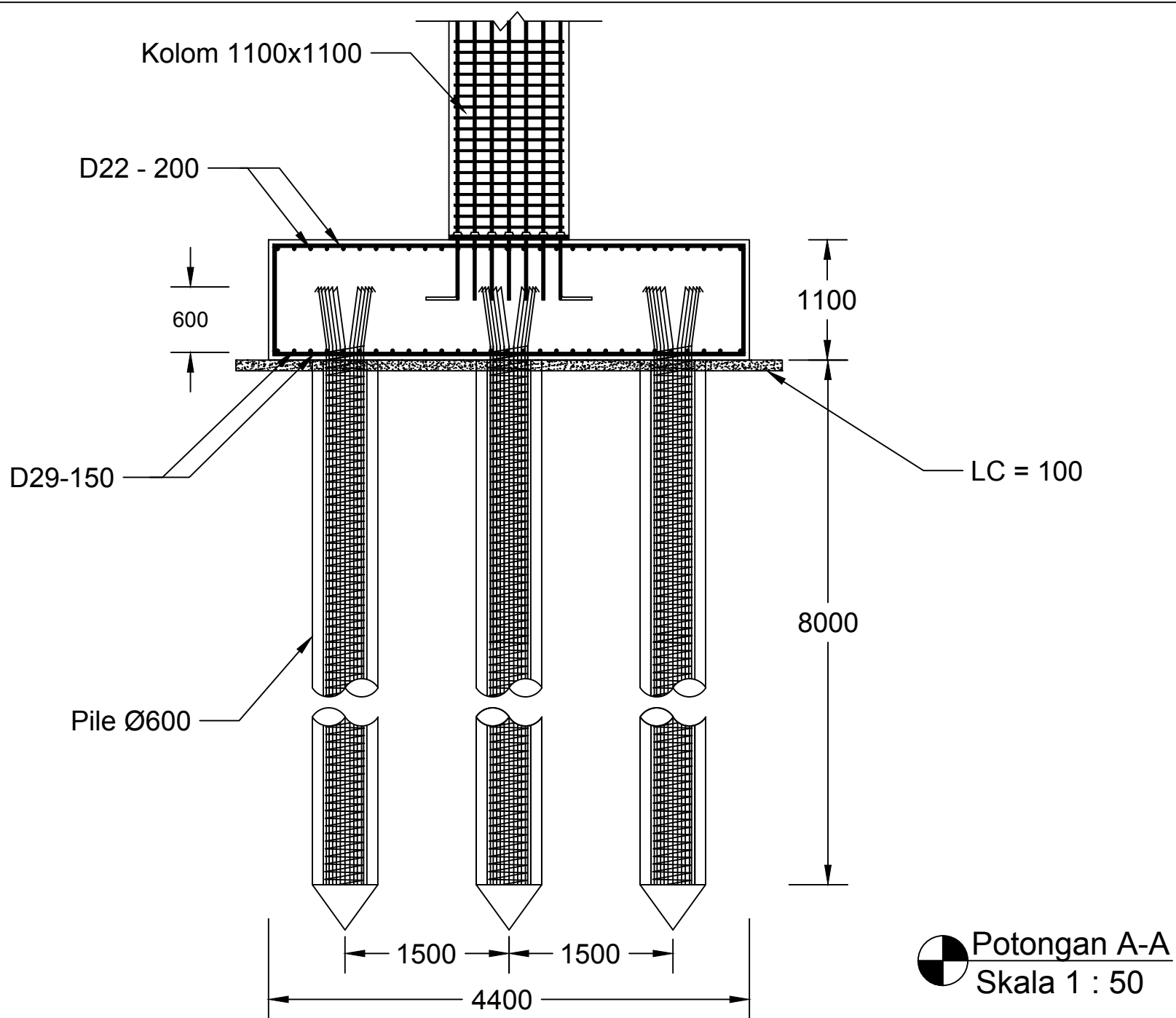
03111440000015

JUDUL GAMBAR

Denah Pondasi

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
29	1 : 300	STR





DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio, ST. MT. Ph.D
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG HOTEL SWISS-BELINN
DENGAN METODE BETON PRACETAK
MENGUNAKAN SAMBUNGAN BASAH
BERDASARKAN STANDARD ACI 318M-14

NAMA MAHASISWA

IQBAL ALBANA AKBAR

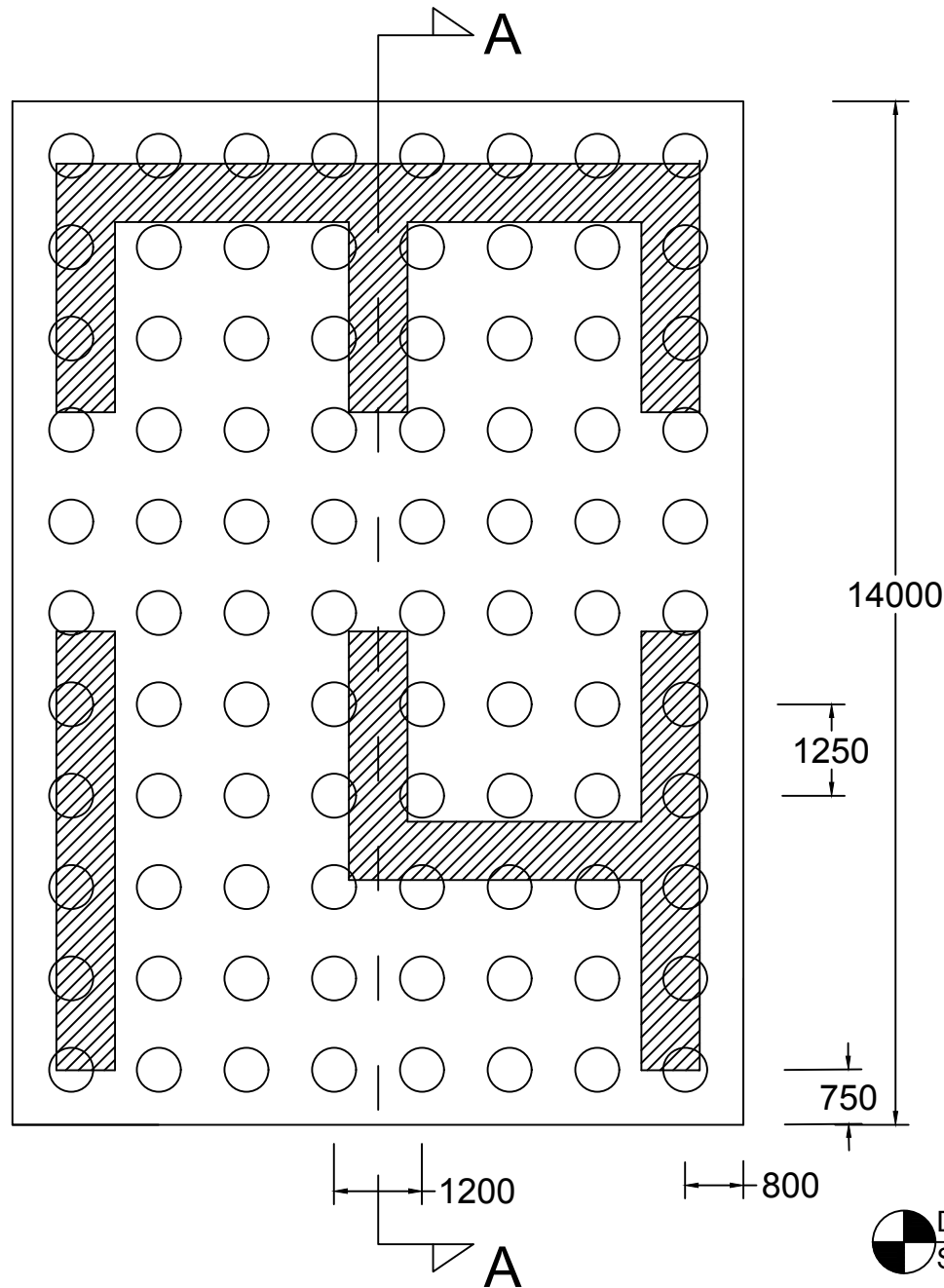
NRP

03111440000015

JUDUL GAMBAR

Potongan Poer Type 1

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
31	1 : 50	STR



Detail Poer Tipe 2
Skala 1 : 100



DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio, ST. MT. Ph.D
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG HOTEL SWISS-BELINN
DENGAN METODE BETON PRACETAK
MENGUNAKAN SAMBUNGAN BASAH
BERDASARKAN STANDARD ACI 318M-14

NAMA MAHASISWA

IQBAL ALBANA AKBAR

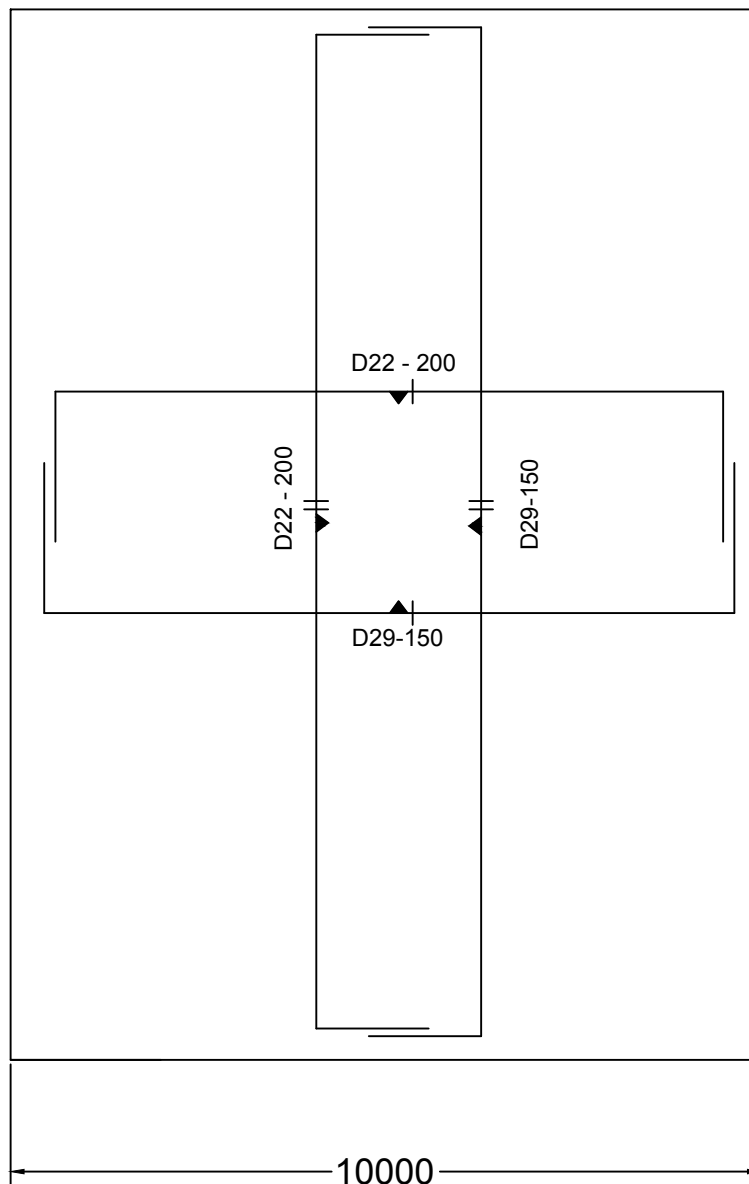
NRP

03111440000015

JUDUL GAMBAR

Detail Poer Tipe 2

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
32	1 : 100	STR



14000

10000



Penulangan Poer Tipe 2
Skala 1 : 100



DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio, ST. MT. Ph.D
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG HOTEL SWISS-BELINN
DENGAN METODE BETON PRACETAK
MENGUNAKAN SAMBUNGAN BASAH
BERDASARKAN STANDARD ACI 318M-14

NAMA MAHASISWA

IQBAL ALBANA AKBAR

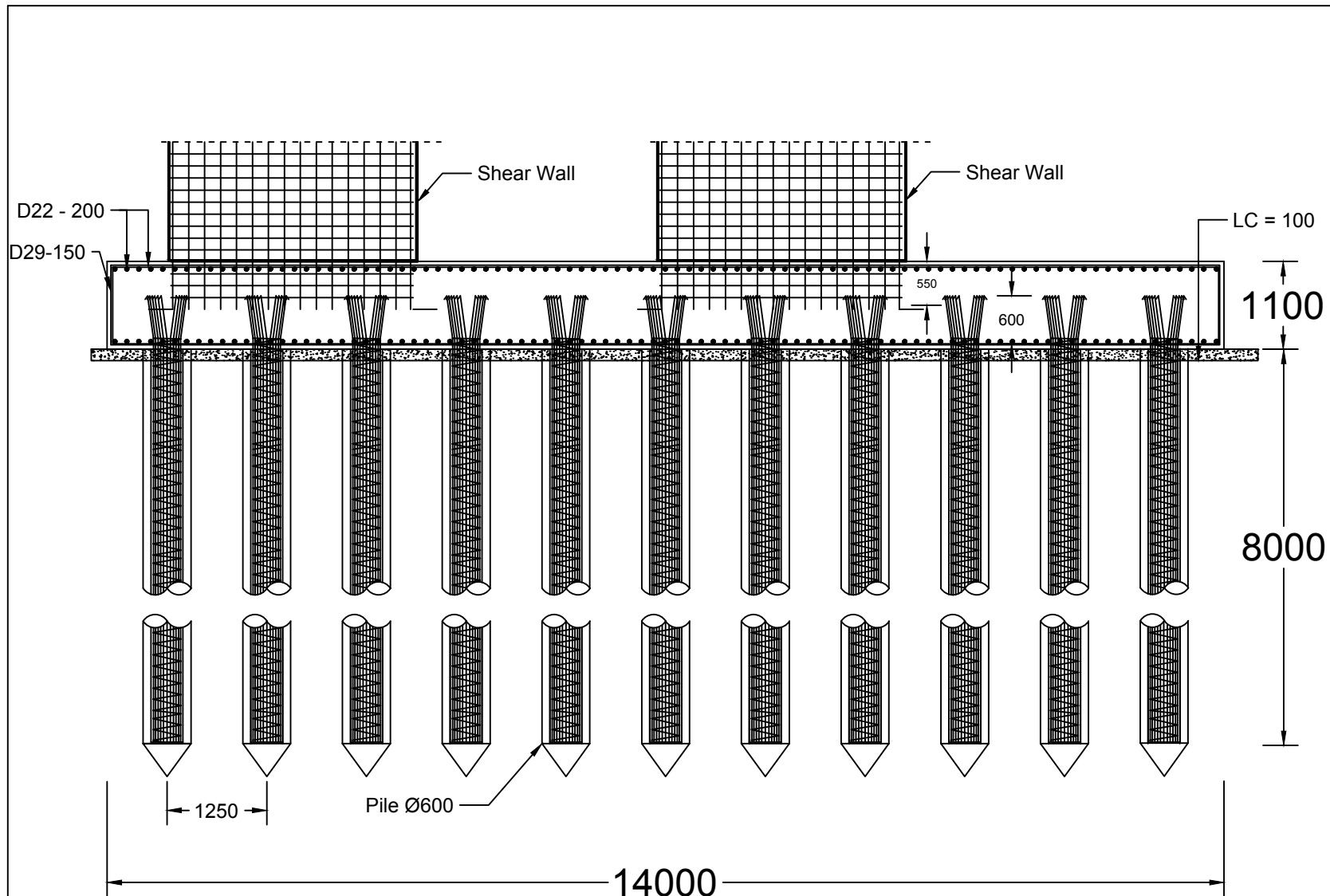
NRP


03111440000015

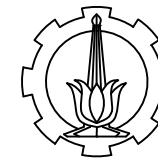
JUDUL GAMBAR

Penulangan Poer Tipe 2

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
33	1 : 100	STR



 Potongan A-A Poer Tipe 2
 Skala 1 : 75



DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio, ST. MT. Ph.D
 Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
 GEDUNG HOTEL SWISS-BELINN
 DENGAN METODE BETON PRACETAK
 MENGGUNAKAN SAMBUNGAN BASAH
 BERDASARKAN STANDARD ACI 318M-14

NAMA MAHASISWA

IQBAL ALBANA AKBAR

NRP

03111440000015

JUDUL GAMBAR

Potongan A-A Poer Tipe 2

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
34	1 : 75	STR

BIODATA PENULIS



Penulis yang bernama lengkap Iqbal Albana Akbar ini dilahirkan di Tangerang pada tanggal 16 Maret 1996. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDIT Cordova Kota Tangerang, SMPN 1 Kota Tangerang, dan SMAN 1 Kota Tangerang. Setelah lulus pada pendidikan tingkat SMA, penulis kemudian melanjutkan pendidikan program sarjana (S1) di Departemen Teknik Sipil ITS pada tahun 2014 melalui program SNMPTN 2014 dan terdaftar dengan NRP. 3114100015.

Gelar Sarjana Teknik diperoleh penulis pada tahun 2018 dengan judul Tugas Akhir “*Desain Modifikasi Struktur Gedung Hotel Swiss-Belinn Dengan Metode Beton Pracetak Menggunakan Sambungan Basah Berdasarkan Standard ACI 318M-14*”. Penulis sangat berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca serta bagi penulis sendiri. Apabila pembaca ingin berkorespondensi dengan penulis, dapat melalui email : iqbalalbanaa@gmail.com

